Naturwissenschaftliche Volksbücher

von

A. Bernstein.

Fünfte, reich illustrierte Auflage.

Durchgesehen und verbessert

von

H. Potonié und **R. Hennig.**

Dritter Teil.

Berlin.

Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung.

Inhaltsverzeichnis.

I. Wenn wir einen Sinn weniger hätten.

Hast du schon einmal daran gedacht, mein freundlicher Leser, wie die Welt uns, den Menschenkindern, vorgekommen wäre, wenn wir ohne Augen geschaffen wären?

Gewiß fällt dir's im Augenblick ein: Ei das kann uns ja jeder Blindgeborene sagen, oder: das können wir uns recht gut vorstellen, wenn wir die Finsternis der Nacht uns verewigt denken! oder: davon können wir uns schon einen Begriff machen, wenn wir die Augen schließen und es versuchen, uns durch Umhertasten im Zimmer zurecht zu finden. Glaube es mir, mein freundlicher Leser, es ist dies ein Irrtum.

Der Blindgeborene sieht nicht; aber Millionen und Millionen Menschen sehen für ihn. Er vernimmt soviel von Dingen, die sichtbar sind, daß er unendlich vieles weiß, ohne selber Erfahrungen hierüber gemacht zu haben. — Er weiß, daß es eine Sonne giebt, die ihn erwärmt, obgleich er sie nie gesehen hat. Er weiß, daß es Häuser giebt, die gebaut werden, obwohl sie für ihn unsichtbar sind. Er weiß, daß große Gewässer existieren, obwohl er keine Vorstellung davon haben kann. Er findet sich von einer Welt von Gegenständen umgeben, die er zwar nie sieht, aber deren Gebrauch er aus Erfahrung und Belehrung anderer Menschen kennt, die sehen können. Mit einem Worte: die Welt des Blindgeborenen — und wäre seine Erziehung auch noch so vernachlässigt — ist immerhin eine Welt, die für das Sehen eingerichtet ist. Das Auge Anderer ist auch eine Art Auge für ihn, und wenn er auch fremdartige und sonderbare Vorstellungen von tausend

Dingen haben mag, so reicht doch der unausgesetzte Umgang mit sehenden Menschen hin, seinen Vorstellungen und Urteilen eine richtige, der Wahrheit nahe Wendung zu geben.

Ist das aber schon mit dem Blindgeborenen der Fall, so ist es in weit höherem Maße noch, wenn uns, die wir sehen können und unser Lebelang gesehen haben, plötzlich einmal die Augen geschlossen werden.

Wir haben gesehen; und das ist genug, um uns einen Begriff von Dingen zu geben, die außer uns existieren. Mögen wir auch unsere Phantasie anstrengen, sich eine Welt, bedeckt mit ewiger, undurchdringlicher Finsternis, zu denken, immerhin werden die Erfahrungen und Erkenntnisse, deren wir einmal teilhaftig sind, uns selbst in die ewige Finsternis begleiten und unserm Urteile eine richtige Wendung geben. Und ebenso wie ein Mensch, der sich zum Scherz die Augen verbinden läßt, um sich umhertappend im Zimmer zurecht zu finden, sich gerade deshalb die lebhafteste Vorstellung macht von all' den Dingen, die er gesehen hatte, gerade ebenso würde es einem Menschengeschlechte gehen, das einmal gesehen und die richtige Vorstellung von der Außenwelt in sich aufgenommen hat, selbst wenn eine ewige Finsternis diese Außenwelt verschließen würde. —

Wie anders aber würde die Welt einem Menschengeschlechte vorkommen, das noch niemals einen Lichtstrahl der Welt empfangen hätte?

Von der Welt selbst hätte solch ein Menschengeschlecht keine Ahnung als soweit, wie der Fuß reicht. Von der Höhe hätte man keinen Begriff als soweit, wie die hocherhobene tastende Hand greifen kann. Von Entfernungen würde höchstens der Schall eine dunkle Vorstellung geben. Über die Anwesenheit der verschiedensten Dinge könnte nur der Geruch belehren. Die Vorstellungen und Erkenntnisse der Menschen würden mit einem Worte so eingeschränkt sein, daß wir uns gar keinen

Begriff davon machen können. Ja, es ist vielleicht so unmöglich, sich eine richtige Vorstellung von einem solchen blinden Menschengeschlecht zu machen, wie es unmöglich ist, daß solch ein blindes Menschengeschlecht eine richtige Vorstellung von der Welt und dem Leben eines sehenden haben kann.

II. Wenn wir einen Sinn mehr hätten.

„Wenn wir nur 4 Sinne hätten — sagt Lessing — und der Sinn des Gesichts uns fehlte, so würden wir uns von diesem ebensowenig einen Begriff machen können, als von einem sechsten Sinne."

Man könnte nun meinen, daß der Gedanke an einen solchen sechsten Sinn ein ganz müßiger und thörichter wäre, da wir ja keine Vorstellung haben können, was er für uns sein könnte, und wir uns auch keinen Begriff davon machen können, worüber er uns Aufschluß geben soll. — Aber insofern er im genauen Zusammenhang steht mit der Frage, auf die wir hinauskommen wollen, ob es in der Natur Kräfte giebt, die wir nicht mit unsern Sinnen erfassen können, insofern ist der Gedanke durchaus kein müßiger.

Es giebt ganz unzweifelhaft solche unsern Sinnen sich nicht verratende Kräfte in der Natur, und ein Teil dieser Kräfte würde unbedingt zu unserer Erkenntnis gelangen, wenn wir zu unseren Sinnen, zu diesen Werkzeugen unserer Erkenntnis, noch einen neuen hinzubekämen.

Wir nehmen von der Natur und ihren Kräften, von der Welt überhaupt nur einen kleinen, wahrscheinlich nur sehr kleinen Teil wahr und zwar nur den kleinen Teil, der auf unsere vorhandenen Sinne einen Eindruck macht, während es ganz unzweifelhaft ist, daß uns unendlich vieles in der Erkenntnis noch verschlossen ist und verschlossen bleiben wird, so lange diese uns

verborgenen Kräfte der Natur nicht durch verschiedene Umstände dahin gebracht werden, daß sie einen Eindruck auf einen unserer Sinne machen.

Ein Beispiel wird das, was wir meinen, deutlicher machen und uns auch direkt unserem eigentlichen Thema näher bringen.

Wir wissen jetzt alle, daß die ganze Welt, alle Dinge, die wir in uns, an uns und um uns haben, erfüllt und bewegt werden von einer Kraft, die wir Elektrizität nennen. Von dieser Materie sehen wir, hören wir, riechen oder schmecken wir gar nichts, und deshalb vergingen auch dem Menschengeschlechte viele Jahrtausende ohne eine Ahnung von diesem Dinge, das eine so ungeheure Rolle in der Welt spielt. Erst dann, als Zufall, Nachdenken und Forscherdrang die Menschen dahin geführt hatte, zu beobachten (zuerst im Jahre 1600), wie geriebenes Glas, geriebener Siegellack u. s. w. kleine Fäserchen und Stäubchen an sich zieht und wieder von sich stößt, erst dann, als eine Wirkung dieser Kraft hervortrat, die sichtbar wurde, das heißt, einen Eindruck auf unser Auge machte, erst dann fing man an, dem Dinge nachzuspüren, und die Naturforscher haben nicht geruht und ruhen jetzt noch nicht, um immer mehr von dieser bis dahin verborgenen Kraft der Natur unsern Sinnen zugänglich zu machen und unserer Kenntnis aufzuschließen.

Jetzt sind wir schon soweit gekommen, daß wir zwar nicht die Elektrizität selber, aber doch die Wirkung der Elektrizität auf alle unsere Sinne jedem Menschen zeigen können. Man kann jetzt durch elektrische Funken die Wirkung der Elektrizität dem Auge sichtbar, dem Ohre hörbar, der Zunge schmeckbar, sogar durch Ozon-Geruch der Nase riechbar und durch elektrische Schläge dem Leibe in der schmerzhaftesten Weise fühlbar machen. Die Naturforscher haben also eine der Menschheit verborgene bisher geheime Kraft der Natur den menschlichen Sinnen zugänglich gemacht, und durch all' die Umstände, unter welchen

dies möglich ist, es dahin gebracht, daß wir Kenntnis von etwas haben, für das uns ein direkter Sinn fehlt.

Hätten wir, ebensogut wie wir Augen haben für das Licht, von Geburt an noch irgend ein besonderes Werkzeug im Kopfe für die Elektrizität, so würde die Menschheit schon vor vielen Jahrtausenden mehr von diesem Stoff oder von dieser Kraft, oder wie man es sonst nennen mag, wissen, als uns jetzt die Naturforscher lehren. Unsere Erkenntnis wäre gewiß unendlich weiter als jetzt, wo wir nur durch einen großen Umweg und ziemlich spät dem Geheimnis nachzuspüren anfangen.

Und nun, mein freundlicher, Leser wirst du verstehen, wenn ich sage, daß es sich lohnt, nach solchen Geheimnissen zu forschen, und wirst mir einige Aufmerksamkeit schenken, wenn ich dich auffordere, mit mir einem interessanten derartigen Geheimnisse, dem Geheimnis der Anziehung in der Natur, ein wenig nachzuspüren.

III. Die verschiedenen Anziehungskräfte.

Unter den vielen uns verborgenen Kräften der Natur existiert eine, welcher man schon ziemlich nahe auf die Spur gekommen und deren Dasein so allgemein bekannt ist, daß man von ihr wie von einer ganz ausgemachten Sache spricht. Wir meinen die Kraft der Anziehung.

Man lehrt es jetzt schon jedem Kinde, daß ein Stein, oder sonst irgend ein Ding, das von der Höhe zur Erde fällt, dies nur darum thut, weil es von der Erde angezogen wird.

Nun sollte man glauben, daß die Anziehungskraft der Erde schon etwas wäre, das so offen daliegt, daß sich unsere Sinne sofort von der Existenz derselben überzeugen können; aber dem ist nicht so. — Bedenkt man, daß durch viele Jahrtausende die Menschheit alltäglich viele tausend Dinge zur

Erde fallen sah, ohne zu ahnen, daß hierbei eine Anziehungskraft der Erde wirksam sei, bedenkt man, daß bis auf Newton (1643—1727) die Anziehungskraft der Erde so gut wie ein unbekanntes Ding war, so hat man Ursache, schon aus diesem Umstand allein darauf zu schließen, daß wir es mit einer Kraft zu thun haben, von deren Existenz wir uns erst durch Beobachtungen und Vernunftschlüsse überzeugen können, für die uns aber eine direkte Empfindung fehlt.

In der That wird auch jeder Naturforscher gestehen, daß die Anziehungskraft überhaupt ein großes Geheimnis der Natur ist, und wir, trotz der außerordentlich reichen Erfahrungen und unzähligen Versuche, über dieselbe noch wesentlich im Dunkeln sind.

Wir wollen diesem Geheimnis nachzuspüren suchen und die Anziehungskraft einmal in allen ihren Haupterscheinungen, die wesentlich von einander abweichen, vorführen und dann durch einen Gesamtüberblick unseren Lesern zeigen, wie schwierig es ist, den Geheimnissen der Natur bis auf die Grundursache nachzuforschen. — Wenn wir hierzu bemerken, daß gerade die Anziehungskraft ein Geheimnis ist, dem man schon länger auf der Spur ist als allen andern Naturgeheimnissen, so wird dies hinreichen, die Größe der Aufgabe deutlich zu machen, die in solchem Aufspüren liegen muß.

Sehen wir uns vor allem einmal an, wie eigentümlich verschieden die Anziehungskraft in einzelnen Fällen auftritt.

Wie wir in den nächsten Abschnitten noch deutlicher zeigen werden, ist die höchste Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß alle Dinge in der Welt, die wir sehen können, aus außerordentlich kleinen Teilen zusammengesetzt sind. Ein Stück Eisen z. B. erscheint uns, als wäre es ein einziges Stück, das gar keine Lücken in sich hat, und doch kann man den Beweis führen, daß es aus lauter ganz außerordentlich kleinen Teilen zusammengesetzt sein muß, die nur darum so fest aneinander haften,

weil die Teilchen aufeinander eine Anziehungskraft ausüben. Das ist nun eine Art von Anziehungskraft, deren Wesen und Namen wir später noch genauer kennen lernen werden.

Eine andere Art von Anziehungskraft herrscht wieder zwischen zwei glattgeschliffenen Körpern, die man aneinander legt. Zwei glattgeschliffene Glasplatten, die man ein wenig aneinander drückt, sitzen so fest aufeinander, daß man sie oft kaum gewalsam trennen kann, ohne sie zu beschädigen. — Das ist eine zweite Art von Anziehung, die wir gleichfalls betrachten werden.

Die Erde, das wissen wir, zieht Gegenstände aus der Entfernung an, so daß sie auf die Erde stürzen, wenn nicht andere Ursachen sie hieran verhindern. Es ist eine ausgemachte Sache, daß die Erde eine Anziehungskraft auf den Mond ausübt, daß beide von der Sonne angezogen werden, daß ein gleiches Anziehungsverhältnis zwischen allen Himmelskörpern obwaltet, dessen Gesetze sehr genau bestimmt sind. Ja, es ist in neuester Zeit durch unumstößliche Beweise dargethan worden, daß alle Dinge sich gegenseitig aus der Entfernung anziehen, so daß wir uns eigentlich in einem unendlichen Meer von Anziehungen bewegen. Das ist nun wieder eine dritte Art von Anziehung, die wir uns deutlich zu machen haben.

Wie ein Magnet Eisen anzieht, das hat wohl schon jedermann gesehen; aber das Eigentümliche, daß es vornehmlich nur Eisen anzieht und die Sonderbarkeit, daß das angezogene Eisen selber magnetisch wird, ja eine große Reihe von Wunderlichkeiten, die beim Magnet vorkommen und die wir gleichfalls vorführen werden, zeigen, daß hier auch eine Anziehung, aber wieder eine andere Art vorhanden ist.

Wir werden nun noch sehen, wie bei der Elektrizität auch eigentümliche Anziehungen stattfinden, die wiederum in anderer Art auftreten. Wir werden ferner sehen, daß in der Chemie ganz besondere Anziehungen zum Vorschein kommen, die wieder-

um eigentümlich sind. — Ja, in der Lebensthätigkeit der Pflanze und noch mehr in der des Tieres, herrscht eine außerordentlich eigene Art von Anziehung, die durchaus anders ist als alle anderen bisherigen. All' diese wollen wir in leichten Zügen einmal vorführen, um dann zu der Hauptfrage des Geheimnisses zu kommen, ob es nur eine Anziehungskraft in der Natur giebt, die sich nur unter verschiedenen Umständen verschieden äußert, oder ob es wirklich verschiedene gesonderte Anziehungskräfte giebt, von denen sich uns einige zeigen: oder endlich, ob alle nur herstammen von einer uns völlig unbekannten Naturkraft, von welcher die Anziehung überhaupt nur eine besondere Erscheinung ist.

Und für diese Aufgabe nehmen wir für diesmal das Interesse und das Nachdenken unserer Leser in Anspruch.

IV. Von den kleinsten Teilchen und den unsichtbaren Zwischenräumen.

Es giebt zahlreiche Beweise dafür, daß all' die festen Dinge, die unserem Auge wie ununterbrochene Massen erscheinen, welche gar keine leeren Zwischenräume in sich haben, dennoch voll von solchen Zwischenräumen sein müssen.

Einen scharfen Stahlstift kann man durch Pressen oder Schlagen in ein Stück Eisen treiben. Der Stahlstift macht ein Loch im Eisen. Da aber nirgends das Eisen zu finden ist, das vorher die Stelle des Loches ausgefüllt hat, so leuchtet es jedem ein, daß der Stahlstift nur das Eisen verdrängt hat, und daß das Loch nur dadurch entstanden ist, daß durch das Eindringen des Stahlstiftes das Eisen rings um das Loch dichter geworden ist.

Wäre Eisen eine Masse, die vollkommen dicht zusammenhängt und ein ununterbrochenes Stück ist, so würde

man kein Loch hineinschlagen können, am allerwenigsten wäre es möglich, die Eisenmasse, die früher an der Stelle des Loches gewesen ist, hineinzudrängen in die nächste Umgebung. — Nur wenn man annimmt, daß das Eisen leere Zwischenräume in sich hat, die unserm Auge ihrer Kleinheit wegen unsichtbar sind, nur dann ist es erklärlich, daß durch den Stahlstift die verdrängte Eisenmasse sich hineingeschoben hat in die leeren Räume der nächsten Eisenmassen und dort jetzt festgehalten wird, so daß das Loch offen bleibt.

Auf ganz dasselbe Resultat wird man geführt, wenn man bemerkt, wie Eisen oder sonst eine Masse durch Hitze sich ausdehnt und durch Kälte sich zusammenzieht.

Ein Stück Eisen, z. B. eine Eisenbahn-Schiene, behält nicht immer eine und dieselbe Länge. Wenn die Sonne die Schienen erwärmt, wächst jede Schiene um ein weniges. Man legt daher die Schienen so, daß die Enden sich nicht berühren, sondern ungefähr fünf Millimeter von einander abstehen. Wo man anfangs diese Vorsicht beim Bau der Eisenbahnen nicht beobachtete, dehnten sich die Schienen in der Wärme des Sonnenlichts wirklich so, daß sie sich trotz aller Nägel, mit denen sie an den Holzschwellen befestigt waren, heraushoben und die ganze Bahn zu Schanden machten.

Wir werden noch später von dem Einfluß der Wärme auf die Ausdehnung der Massen ein Näheres mitteilen, für jetzt muß es uns genügen, zu wissen, daß alle Massen in der Wärme sich etwas ausdehnen und in der Kälte etwas zusammenziehen. Gäbe es nun keine Zwischenräume in den Massen, so müßten sie offenbar schon entstehen, wenn die Massen durch die Wärme ausgedehnt werden. Und noch weniger kann man sich denken, wie in der Kälte alle Massen sich zusammenziehen, wenn man annimmt, daß feste Massen gar keine Zwischenräume in sich haben. Nur die Vorstellung, daß solche Zwischenräume vorhanden sind, die in der Wärme größer und in der Kälte

kleiner werden, nur diese Vorstellung macht es begreiflich, wie eine Ausdehnung und Zusammenziehung der Massen in Wärme und Kälte vor sich gehen kann.

Wir wollen noch ein Beispiel anführen, das in anderer Weise diese Vorstellung bestätigt.

Ein Jeder, der einmal Zuckerwasser getrunken hat, wird wissen, daß ein Stück Zucker in einem Glas Wasser nicht nur zergeht, sondern sich auch zerteilt durch das ganze Wasser, so daß in jedem Tröpfchen Wasser etwas vom Zucker enthalten ist. Gleichwohl kann kein Auge, auch nicht mit Hilfe eines Mikroskops in einem Tröpfchen Zuckerwasser irgend ein Zuckerstäubchen entdecken, obwohl der Geschmack den Zucker sehr deutlich verrät.

Läßt man aber das Wassertröpfchen eintrocknen, so entdeckt man schon mit bloßem Auge und noch besser mit einem Mikroskop kleine Zuckerkrystalle, und erhält dadurch den Beweis, daß die Zuckerteilchen nur dadurch unsichtbar geworden sind, weil sie außerordentlich fein zerteilt in dem Wasser herumgeschwommen und daß sie sichtbar werden, sobald das Wasser verdunstet und jetzt sich die Zuckerteilchen an einander legen und dadurch so groß werden, daß sie gesehen werden können. — Obgleich auch dieses Krystallisieren eine ganz eigene Erscheinung ist, die einer besonderen Erklärung bedarf, so ist es für unseren jetzigen Zweck genügend, zu wissen, daß unter Umständen feste Teile sich in so kleine Teilchen zerlegen können, daß sie ganz unsichtbar werden, und daß zuweilen diese kleinen Teilchen sich gegenseitig wieder aneinander legen und nun sichtbare, harte, feste Massen werden können.

Wenn wir nun versichern, daß man Eisen, Blei, Zinn, Zink, Gold, Silber, Kupfer u. s. w. in gewissen Flüssigkeiten, wie z. B. Schwefelsäure, Salzsäure und Salpetersäure eben so auflösen kann, wie man Zucker in Wasser auflöst, so wird man schon den Gedanken begreiflicher finden, daß diese festen Massen

wohl auch nur aus lauter ganz kleinen, einzeln für das Auge unsichtbaren Teilchen bestehen, die sich an einander legen und ein scheinbar ganzes, ununterbrochenes Stück bilden.

V. Was man unter Atom zu verstehen hat.

Einen noch treffenderen Beweis dafür, daß alle festen Massen, trotzdem sie wie ein einziges Stück aussehen, doch nur aus einzelnen, sehr kleinen Teilchen bestehen, die sich aneinander legen, erhält man sehr leicht, wenn man Gelegenheit hat, galvanisch-plastische Niederschläge zu beobachten.

Die erst vor etwa einem halben Jahrhundert entdeckte Galvano-Plastik beruht darauf, daß man aus Flüssigkeiten, in welchen Metalle aufgelöst sind — z. B. aus einer Auflösung von Kupfer-Vitriol — das Metall durch Elektrizität wieder gewinnen kann und zwar dadurch, daß es sich an jede beliebige Metallform ansetzt, die man mit dem End-Draht einer galvanischen Kette verbindet. — Wie dies gemacht wird, werden wir unseren Lesern weiterhin deutlich darzulegen suchen; für jetzt genügt es uns, Folgendes anzuführen, wovon sich jedermann, der solch' eine galvano-plastische Vorrichtung besitzt, überzeugen kann. Das Metall, welches in der bestimmten Flüssigkeit aufgelöst ist, läßt sich weder mit bloßem Auge, noch durch Mikroskope irgendwie entdecken. Hat man eine Kupferlösung vor sich, so sieht sie wie blaugefärbtes, klares Wasser aus; bei einer geeigneten galvanischen Vorrichtung aber kann man das völlig unsichtbare Kupfer der Flüssigkeit dahin bringen, daß es sich in außerordentlich feinen, zu Anfang unsichtbaren kleinen Teilchen an einen Draht oder sonst ein Metallstück ansetzt; erst nach und nach sieht man diesen neuen Kupferüberzug, den man weiter anwachsen lassen kann, und der dann wirkliches, festes, zu einem Stück gewordenes Kupfer ist.

Hieraus leuchtet jedenfalls so viel ein, daß solch ein Stück Kupfer vor den Augen des Beobachters sich gebildet hat aus den kleinsten Teilchen Kupfer, die in der Flüssigkeit aufgelöst waren. Es hat sich, wie man sich überzeugen kann, Teilchen an Teilchen angelegt, bis aus den unsichtbaren, kleinen Teilchen ein sichtbares, festes Stück Kupfer geworden ist, das sich durchaus nicht von anderem Kupfer unterscheidet; so daß jedermann mit Leichtigkeit auf den Gedanken kommt, daß jedes Stück Kupfer wohl aus kleinen, für unser Auge nicht sichtbaren Kupferteilchen besteht, die sich aneinander legen, um ein einziges Stück zu werden.

Man nennt jedes solch kleinstes Stückchen Kupfer, von dem wir wissen, daß es sicher existiert, das aber durchaus nicht mit dem Auge, selbst wenn man ein Mikroskop zu Hilfe nimmt, gesehen werden kann — man nennt solch ein kleinstes Teilchen ein A t o m.

Unter Kupfer-Atom, oder Blei-, Zink-, Gold-, Silber-Atom u. s. w., kurz unter Atom überhaupt versteht man die kleinen Teilchen einer Masse, aus deren Zusammenlegen sich eine ganze, feste Masse bildet.

Wir werden von jetzt ab nur immer unter A t o m solche kleinste Teilchen verstehen und wollen nur im Voraus sagen, daß es in neuerer Zeit durch die Chemie gelungen ist, nicht nur die Existenz solcher Atome ganz unzweifelhaft zu machen, sondern auch sogar die Größen- und Gewichtsverhältnisse solcher Atome zu bestimmen, obgleich noch kein Chemiker in der Welt ein Atom jemals gesehen, und noch weit weniger im stande war, es einzeln auf eine Wagschale zu bringen. — Die Lehre von den Atomen, welche in der Chemie ihre Begründung findet — und die wir später deutlich zu machen suchen werden — ist ein wahrer Triumph der Wissenschaft, denn sie hat hier über Dinge Aufschluß gegeben, die für unsere fünf Sinne durchaus nicht wahrnehmbar sind; sie hat durch ihre geistige Errungen-

schaft uns einen Ersatz geboten für das, was möglicherweise nur ein sechster Sinn hätte wahrnehmbar machen können.

Wenn aber wirklich jede feste Masse nur eine Anhäufung von einzeln unsichtbaren, kleinen Atomen ist, so fragt es sich, wodurch kleben diese Atome so fest aneinander, daß man sie schwer trennen kann?

Durch vielfache Forschungen belehrt, giebt uns die Wissenschaft auf diese Frage folgende Antwort:

Jeder feste Körper, jede feste Masse besteht aus einzelnen Atomen. Diese Atome berühren sich aber nicht gegenseitig, sondern lassen Lücken zwischen sich und hängen nur dadurch fest zusammen, daß sie auf einander eine Anziehungskraft ausüben.

Freilich stellt sich sogleich die Frage heraus: wenn dies so ist, warum folgen diese Atome nicht der Anziehungskraft und weshalb rücken sie nicht immer mehr und mehr aneinander, so daß sie gar keine Zwischenräume zwischen sich leer lassen? Hierauf aber antwortet die Wissenschaft Folgendes:

Es ist richtig, daß ein Atom immer das andere Atom anzieht; aber es herrscht in jeder Masse nicht die Anziehungskraft allein, sondern es kommt noch eine zweite dazu und zwar eine entgegengesetzte Kraft, eine Abstoßungskraft, die die Atome wieder trennt.

Diese Antwort klingt freilich sehr sonderbar, und deshalb wollen wir auch sehen, ob denn Wahres hinter derselben steckt.

VI. Wie die Wärme mit den Atomen ihr Spiel treibt.

Die Lehre von der Anziehung und Abstoßung der Atome in festen Massen gewinnt eine außerordentliche Wahrscheinlichkeit, wenn man damit noch die Beobachtung einer anderen Erscheinung verbindet.

Wir haben es bereits gesagt, daß die Wärme alle Massen ausdehnt, daß die Kälte sie zusammenzieht; wir wollen aber jetzt zeigen, wie die Naturwissenschaft dahin gelangt ist, die ganze Beschaffenheit aller Massen nur der in ihnen herrschenden Wärme zuzuschreiben.

Zu diesem Zweck wollen wir vorerst die Erscheinung selbst durch Aufführung einzelner Versuche kennen lernen, und die Veränderungen zeigen, welche die Wärme auf verschiedene Massen ausübt.

Wenn man einen Gegenstand erwärmt, so wird er größer, als er früher war. Ein Bolzen, der kalt gerade in das Plätteisen hineinpaßt, kann, wenn er glühend gemacht wird, nicht in dasselbe hineingebracht werden. Dies bemerken Hausfrauen sehr oft, und verfahren daher ganz richtig, wenn sie einen solchen Bolzen, so weit es geht, mit der Spitze in das Plätteisen stecken und eine Weile warten, wo er dann willig hineingeht. Es rührt dies daher, daß der Bolzen in der Hitze sich ausgedehnt, während das kalte Plätteisen sich zusammengezogen hat. Steckt man den Bolzen aber mit der Spitze ins Plätteisen und wartet ein wenig, so wird der Bolzen etwas kälter und auch kleiner; zugleich wird das Plätteisen warm und also etwas größer, und nun paßt das Eisen ganz gut hinein.

Auch der Schmied kennt und benutzt die Kraft der Wärme, wenn er ein Wagenrad mit einem eisernen Reifen versieht. Er macht den Reifen etwas kleiner als das Rad, dann aber glüht er den Reifen, wodurch er sich ausdehnt und für das Rad paßt. Wird nun der Reifen auf dem Rade kalt, so zieht er sich dort wieder derartig zusammen, daß er fest aufsitzt und nur durch außerordentliche Gewalt davon losgelöst werden kann.

Die Ausdehnung und Zusammenziehung erwärmter und abgekühlter Massen ist so gewaltig, daß sie alle anderen Kräfte weit überragt. Ein Versuch, der in Paris gemacht worden ist, hat dies aufs glänzendste bewiesen. — In der Abtei St. Martin

des champs in Paris, die ein altes, sehr festes Gemäuer ist, fingen die Wände an sich nach außen zu biegen, so daß man voraussah, daß das Dach und die inneren Etagen einstürzen müßten. Die meisten Baumeister von Paris waren deshalb dafür, das Gebäude niederzureißen und frisch aufzubauen; allein ein Schüler der berühmten polytechnischen Schule, Namens Molard, hat die dicken Mauern wieder zurecht geschoben und zwar durch Wärme und Kälte. Er schlug zu diesem Zweck Löcher durch die gegenüberstehenden Mauern und steckte Eisenstangen durch dieselben, so daß sie durch das ganze Gebäude gingen und noch zu beiden Seiten draußen aus den Mauern hervorragten. Hier an den äußersten Enden waren Schraubengänge eingeschnitten, auf welchen große Schraubenmuttern festgedreht wurden. Nunmehr ließ Molard an den Stangen im Innern des Gebäudes lauter kleine Spirituslämpchen aufhängen, deren Flammen die eisernen Stangen erhitzten. Die Stangen dehnten sich aus und ragten derart draußen aus den Mauern heraus, daß die Schraubenmuttern zu beiden Seiten weiter geschraubt werden konnten. Als das geschehen war, ließ Molard die Lämpchen auslöschen. Die eisernen Stangen wurden nun wieder kalt und zogen sich zusammen und zwar mit solcher Gewalt, daß die von den Schraubenmuttern draußen festgehaltenen Wände dadurch genötigt waren einander näher zu rücken. Hierauf wurden die Lämpchen wieder angezündet, die Stangen dehnten sich wieder aus, die Schraubenmuttern konnten nun wiederum an das Gebäude festgeschraubt werden und bei der nochmaligen Abkühlung der Stangen stellten sich die Wände wieder ein wenig gerader, so daß nach wiederholtem Erhitzen und Abkühlen der Stangen die dicken Mauern wieder vollkommen gerade aufgerichtet wurden.

Aber nicht nur Eisen, sondern alle Dinge in der Welt dehnen sich in der Wärme aus und ziehen sich in der Kälte zusammen, selbst wenn sie noch so fest und unbeweglich scheinen.

Wer einmal Gelegenheit hat, die Berliner Sternwarte zu besehen, der wird wahrnehmen, daß das große vorzügliche Hauptfernrohr nicht auf dem Boden steht, wo sich der Beobachter befindet, sondern auf einer Säule aufgestellt ist, die tief vom Fundament des Gebäudes hinaufgeführt wurde bis zur Beobachtungs-Kuppel; und zwar ist diese Säule so aufgeführt, daß sie an keinem Punkte das Gebäude berührt, sondern daß ein leerer Raum rings um sie ist. — Der Grund hiervon ist folgender:

Alle Gebäude, alle Häuser, alle noch so festen Mauern werden durch die Wärme des Sonnenlichtes ausgedehnt und ziehen sich, wenn die Sonne nicht scheint, wieder zusammen. So unmerklich dies für das Auge ist, so wesentlich wird dies gemerkt, wenn man genaue astronomische Beobachtungen macht: denn mit dem Gebäude, das sich hebt und senkt in der Wärme und Kälte, hebt und senkt sich auch das Fernrohr, wenn es auf das Gebäude festgestellt ist und zeigt dadurch nicht nach einem festen Punkt des Himmelsgewölbes, den man beobachten will. Da man nun bei genauen astronomischen Beobachtungen das Fernrohr auf eine unverschiebbare Unterlage stellen muß, so ist man in den guten Sternwarten genötigt, mindestens das Hauptfernrohr auf einer Säule aufzustellen, die nie vom Sonnenlicht getroffen wird und die auch nicht mit dem Gebäude in Berührung steht, welches — wie fest man es auch bauen mag — doch stets durch Kälte und Wärme gedehnt und zusammengezogen wird, und deshalb in einem ewigen, für das Auge freilich unsichtbaren, aber doch ganz unzweifelhaften Hin- und Herschwanken begriffen ist.

VII. Woher die Wirkung der Wärme auf die Atome stammt.

Nachdem wir nun gesehen haben, daß die Wärme eine so bedeutende Kraft besitzt, Massen auszudehnen, und die Kälte gewaltig wirkt, um sie zusammenzuziehen, müssen wir dem Grund dieser Erscheinung etwas weiter nachspüren, um zu sehen, ob wir hierdurch auf eine klare Vorstellung über diese Thatsachen kommen können.

Die Atome einer Masse üben, wie wir gesehen haben, einerseits eine Anziehung auf einander aus, so daß sie nicht ohne großen Kraftaufwand von einander losgerissen werden können; und andererseits stoßen sie sich wieder ab, so daß man sie ohne Kraftaufwand nicht einander näher rücken kann. Hieraus geht hervor, daß in jeder Masse ein gewisses Gleichgewicht zwischen diesen beiden Kräften obwaltet, und so lange dies der Fall ist, wird sich die Masse weder ausdehnen noch zusammenziehen.

Wenn aber die Wärme eine Ausdehnung der Masse hervorbringt, so ist dies nur dadurch erklärlich, daß sie die Eigenschaft hat, die Anziehungskraft der Atome zu schwächen und die Abstoßungskraft derselben zu verstärken. In der Wärme dehnen sich die Massen deshalb, weil durch sie die Anziehungskraft geschwächt und die Abstoßung vermehrt wird. Hierdurch entfernen sich die Atome von einander und die Masse wird größer, ausgedehnter. — Entzieht man aber einem Körper die Wärme, das heißt, erregt man in ihm Kälte, so schwächt dies die Abstoßungskraft und stärkt die Anziehungskraft der Atome, und deshalb ziehen die Atome sich stärker an und drängen sich aneinander, so daß die Masse sich zusammenzieht.

Vielfache Versuche beweisen, daß diese Erklärung vollkommen richtig ist. Ja, sie ist so vollkommen richtig, daß

man auch die Gegenprobe anstellen kann. Massen, welche Wärme in sich aufnehmen, also gewissermaßen Wärme verschlucken, dehnen sich nicht nur aus, sondern Massen, welche sich ausdehnen, verschlucken auch Wärme in sich. Massen, aus welchen man die Wärme entfernt, drücken sich nicht nur zusammen, sondern Massen, welche man zusammendrückt, geben auch die Wärme von sich.

Es ist von der äußersten Wichtigkeit, sich dies vollkommen klar zu machen, denn obgleich diese Behauptungen in jeder Naturlehre zu finden sind, giebt es doch unter hundert Lesern oft nicht einen, der sich eine richtige Vorstellung hiervon machen kann.

Wir müssen deshalb die Sache noch etwas deutlicher darzustellen suchen.

Jeder Schmied, jeder Schlosser, jeder Feuerarbeiter weiß es aus Erfahrung, daß ein Stück Eisen durch Hämmern heiß wird, ja sogar glühend gemacht werden kann.

Wo kommt aber diese Wärme her? Der Hammer war kalt, der Ambos war kalt und das Eisen war kalt, wieso ist durch das Schlagen Hammer und Ambos warm und das Eisen sogar heiß und glühend geworden? Wo hat denn diese Wärme gesteckt, die jetzt entschieden heraustritt? —

Wenn wir bloß aus der Erscheinung selbst eine Antwort auf diese Frage geben sollen, so könnte sie wie folgt lauten:

Die Wärme hat früher im Eisen gesteckt. Sie war gewissermaßen vom Eisen verschluckt und lagerte zwischen den Atomen, und weil dies so war, war die Wärme im Eisen verschlossen und deshalb eben fühlte sich das Eisen früher kalt an. Das heißt, das Eisen gab diese verschluckte, verschlossene, zwischen den Atomen gelagerte Wärme nicht von sich. Hämmert man aber auf das Eisen, so werden mit jedem Schlage des Hammers die Atome des Eisens näher aneinander gepreßt, die zwischen ihnen lagernde Wärme wird hinausgedrängt. Die

früher verschlossene Wärme tritt jetzt heraus, die Wärme wird jetzt fühlbar und sichtbar.

Freilich haben wir bei dieser Erklärung so gethan, als ob die Wärme eine Art Stoff wäre, der herausgepreßt wird. Obgleich diese Ansicht nach den neueren Untersuchungen als falsch erkannt ist, so wollen wir sie doch augenblicklich beibehalten, da diese Vorstellung das, was man latente oder in den Massen eingeschlossene Wärme nennt, sehr erleichtert. Später wollen wir einmal mit dem Leser die jetzt übliche Ansicht über die Wärme besprechen.

Also in Dingen, die sich kalt anfühlen, kann eine gleichsam versteckte Wärme durch Pressen, Schlagen, Reiben oder nachhaltiges Drücken sichtbar und fühlbar gemacht werden.

Was aber geschieht, wenn man Dinge gewaltsam ausdehnt?

Dann saugen sie Wärme in sich ein, dann verschlucken sie Wärme aus der Umgebung und machen die Umgebung kalt.

Diese Thatsache läßt sich auch an festen Massen zeigen, aber besser noch an flüssigen und luftförmigen.

Wenn man sich ein wenig Schwefeläther oder Hoffmannstropfen, die aus Schwefeläther und Alkohol bestehen, auf die flache Hand gießt, so verdunstet die Flüssigkeit schnell. Sie verwandelt sich in Gas, und nimmt jetzt einen bedeutend größeren Raum ein als früher, das heißt sie dehnt sich aus. Hierbei aber wird man ein Gefühl von Kälte in der Hand empfinden, als ob man Eis drin hätte, denn bei der Ausdehnung nimmt die Masse eine Portion Wärme auf und entzieht diese der Umgebung, also auch der Hand.

Wird umgekehrt ein Gas zusammengedrückt, so erwärmt es sich. Daher kann man durch starkes Zusammenpressen der Luft in einem verschlossenen Rohr eine solche Hitze erzeugen, daß ein Stückchen Schwamm, welches am Boden des Rohres befestigt ist, zu brennen anfängt.

Aus all' den und vielen andern Versuchen geht mit vollster

Bestimmtheit hervor, daß Massen, wenn sie Wärme in sich aufnehmen, sich ausdehnen, und auch umgekehrt: Massen, die sich ausdehnen, Wärme aufnehmen und deshalb die Umgebung abkühlen. Massen dagegen, welche Wärme von sich geben, ziehen sich zusammen und auch umgekehrt: Massen, die man zusammenpreßt, lassen aus sich Wärme ausströmen.

Nach dieser Darlegung werden wir im stande sein, unserm eigentlichen Thema, der Anziehung und Abstoßung der Atome, etwas näher zu kommen.

VIII. Von der Anziehungs- und Abstoßungskraft der Atome.

Da es wahr ist, daß Massen, welche Wärme in sich aufnehmen, sich ausdehnen, so könnte jemand die Frage aufwerfen, was wird denn aus den Massen, welchen man immer mehr und mehr Wärme zuführt? Würden sie sich unter solchen Umständen immer mehr und mehr ausdehnen und welche Gestalt würden sie hiernach annehmen?

Die Antwort hierauf ist einfach und bereits durch die Erfahrung gegeben.

Jedermann weiß, daß feste Massen durch Wärme zum Schmelzen gebracht werden, das heißt, die Masse verliert durch die zunehmende Wärme so sehr ihre Anziehung der Atome, daß sie eine Flüssigkeit wird. Geschmolzenes Blei, geschmolzenes Zink, geschmolzenes Eisen sind Dinge, die man alltäglich sehen kann. Diese festen Massen, von denen sich sonst ein Atom so schwer von dem andern trennt, werden durch Wärme flüssig wie Wasser und lassen sich jetzt beliebig gießen, trennen und teilen, als ob man Wasser vor sich hätte.

Was aber geschieht, wenn man sie noch weiter erhitzt?

Sie verlieren bei stärkerer Erhitzung auch noch die geringe

Kraft der Anziehung, welche zwischen den Atomen einer Flüssigkeit herrscht und verwandeln sich in Gas, das ganz und gar seine Atom-Anziehung verloren hat und in welchem nur noch die Abstoßungskraft der Atome thätig ist.

Es verdient dieses genauer gekannt zu werden und darum wollen wir uns deutlicher aussprechen.

Die Erfahrung lehrt es, daß man Eis durch Wärme in Wasser verwandeln und Wasser durch Wärme zu Dampf werden lassen kann. So ganz verschieden nun Eis und Wasser und Dampf in ihrem Ansehen und ihrer Natur sind, so weiß es doch schon jedes Kind, daß sie aus ein und demselben Stoff bestehen, daß die Atome immer dieselben sind und ihr verändertes Wesen nur den veränderten Eigenschaften dieser Atome zu verdanken haben.

Hat man durch Wärme Eis in Wasser verwandelt, so haben die Atome des Eises. den bedeutendsten Teil ihrer Anziehungskraft verloren, aber diese Anziehungskraft ist doch nicht völlig vernichtet.

Es wird schon jedermann beobachtet haben, daß zwei Tröpfchen Wasser, die man nahe aneinander bringt, sich anziehen und sich zu einem Tropfen vereinigen. Man sieht dies recht deutlich, wenn man zwei Finger in Wasser taucht und die daran hängenden Tropfen einander nähert, die Tropfen fließen mit einer gewissen Hast aneinander und bleiben als ein einziger, vereinigter Tropfen zwischen den Fingern hängen, woraus man wahrnehmen kann, daß sie mit einer Anziehungskraft begabt sind, welche die Atome des Wassers vereinigt.

Ganz anders aber verhält es sich, wenn man Wasser in Dampf verwandelt. Auch diese Verwandlung geschieht, wie wir wissen, nur durch Wärme. Führen wir dem Wasser Wärme zu, so kocht es, das heißt, es nehmen die Atome des Wassers Luft-Gestalt an und bekommen auch die Eigenschaft der Luft-Atome, nämlich die Eigenschaft, daß ihre Anziehungskraft ganz

und gar nicht mehr hervortritt und nur die Abstoßungskraft thätig ist, so daß die Atome sich vollständig zu fliehen anfangen und nur mit Gewalt aneinander gehalten werden können.

Eine ähnliche Erscheinung, die das Gesagte deutlicher machen wird, stellt uns ein elektrischer Versuch dar, welchen uns Fig. 1 veranschaulicht. Wir wissen ja, daß auch Körper, die mit gleicher Elektrizität geladen sind, sich gegenseitig abstoßen. Ladet man nun einen Büschel von Seidenpapier-Streifen oder Hollundermark-Kügelchen mit einer Sorte von Elektrizität, so suchen die einzelnen Kügelchen möglichst weit von allen anderen fortzustreben, und so nehmen sie denn die eigentümliche Stellung ein, welche unsere Figur veranschaulicht. Hier sind nur noch abstoßende und gar keine anziehenden Kräfte mehr thätig, und genau ebenso verhält es sich mit den Atomen in gasförmigen Körpern.

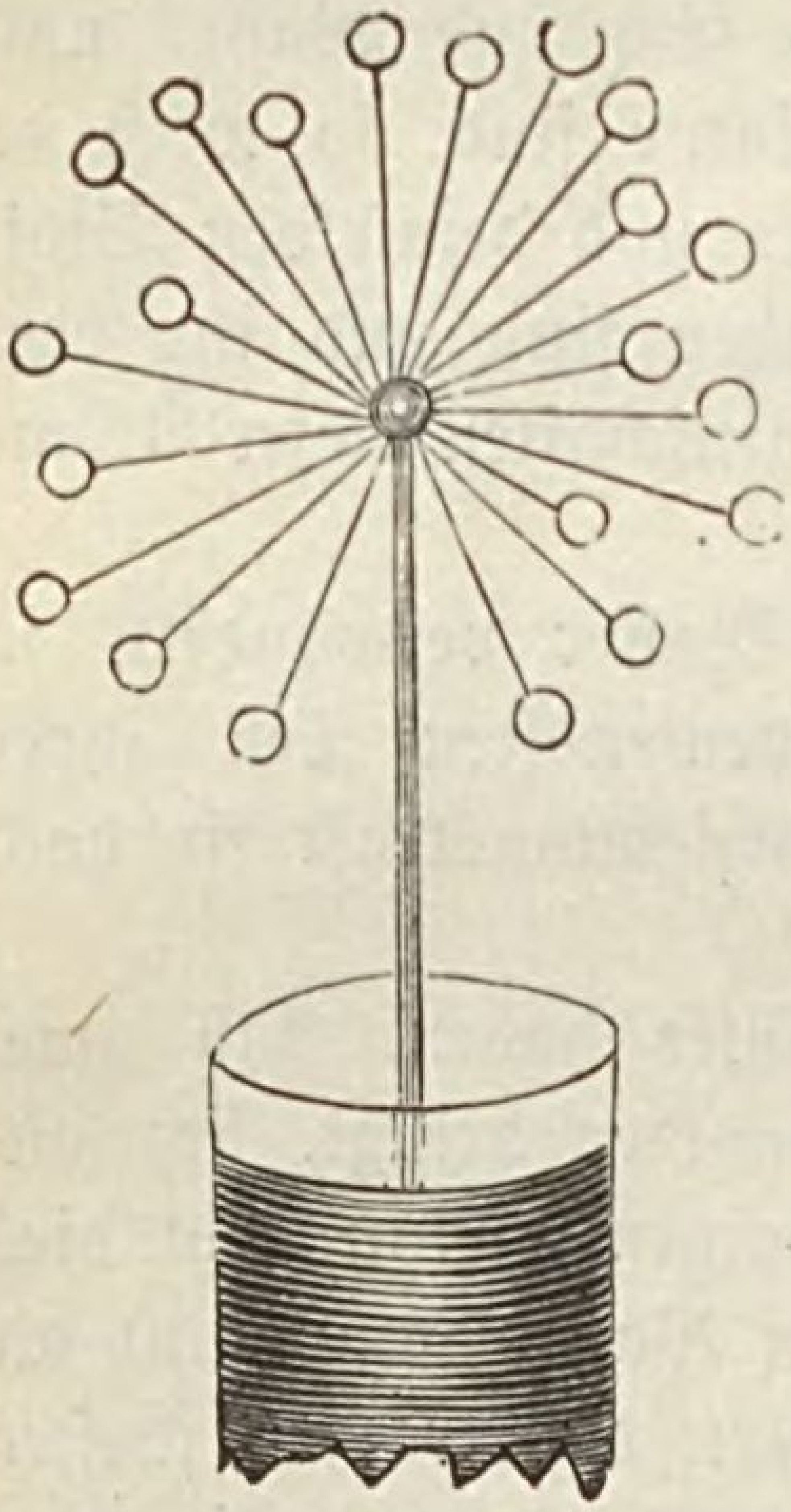


Fig. 1.

Wie wunderbar diese Abstoßungskraft thätig ist, davon geben Versuche mit Luftarten interessante Beispiele.

Wenn man ein großes Gefäß vollkommen luftleer gemacht hat, was durch eine Luftpumpe bewerkstelligt werden kann, so sollte man glauben, daß, wenn man nur ein ganz klein wenig Luft in das Gefäß hineinläßt, dieses bißchen Luft irgendwo liegen bleiben und sich nicht im ganzen Gefäß ausbreiten würde. Aber dies ist nicht der Fall. Mag das Gefäß noch so groß, und mag das bißchen Luft noch so gering sein, so dehnt sich dies bißchen Luft doch nach allen Seiten des Gefäßes aus und verteilt sich gleichmäßig in dem ganzen Raume. — Offenbar rührt dies nur davon her, daß die Atome der Luft

sich gegenseitig abstoßen und deshalb so weit auseinanderfliehen, wie es nur der Raum gestattet.

Ganz dasselbe ist mit jedem Gas, mit jedem Dampf der Fall. In Gasen und Dämpfen herrscht nur die Abstoßungskraft der Atome, während die Anziehungskraft derselben durch die aufgenommene Wärme vollkommen unterdrückt ist. Und wenn wir nun versichern, daß Versuche gezeigt haben, wie Eisen und sonstige Metalle durch Hitze nicht nur flüssig, sondern auch bei Fortsetzung der Erhitzung in Dampf verwandelt werden; und wenn wir hinzufügen, daß dieser Dampf ebenfalls jene ungeheure Ausdehnungskraft besitzt, die den Luftarten eigen ist, so wird ein wenig Nachdenken jeden unserer Leser schon von selber dahin führen, eine große Wahrheit der Naturwissenschaft zu erkennen, welche wir nunmehr näher aussprechen wollen.

IX. Wodurch die Dinge fest, oder flüssig, oder gasartig erscheinen.

Diese naturwissenschaftliche Wahrheit, von welcher wir glauben, daß der nachdenkende Leser schon von selber darauf gekommen sein wird, ist folgende:

Es giebt in der Welt keine Massen, die ihrem innersten Wesen nach fest oder flüssig oder gasförmig sind, sondern der jeweilige Zustand, in dem sie uns erscheinen, hängt nur ab von dem Grad der Wärme, den sie in sich aufgenommen haben.

Wenn man sagt: Eisen ist eine feste Masse und Wasser ist eine flüssige Masse und Luft ist eine gasförmige Masse, so ist dies nur richtig, wenn man hinzufügt, sie sind es bei der gewöhnlich herrschenden Temperatur. Denkt man sich alle Wärme fort, so verwandeln sich ganz ohne Zweifel alle Gase in Flüssigkeiten und dann in feste Massen und es gäbe dann garnichts in der Welt, das nicht fest wäre. Umgekehrt, denkt

man sich die Wärme gesteigert, so verwandelt sich jede Flüssigkeit in Gas, so schmilzt jeder feste Körper und wird erst eine Flüssigkeit, um sich bei weiterer Wärme in eine luftartige Masse zu verwandeln.

So weit es der Naturwissenschaft gelungen ist, Versuche mit Wärme und Kälte anzustellen, hat sich dies vollkommen bewahrheitet.

Die Naturwissenschaft lehrt künstlich einen außerordentlich hohen Grad von Wärme und ebenso einen sehr hohen Grad von Kälte erzeugen. Den höchsten Grad von Wärme erzeugt man jetzt durch das elektrische Licht (ca. 3500°). Wir wissen jetzt, daß selbst der Thon, aus welchem wir bekanntlich unsere Öfen machen und von dem man sonst glaubte, daß er unschmelzbar sei, wie Wachs zusammenschmelzen und eine Flüssigkeit werden kann, wenn die Temperatur genügend hoch gesteigert wird. Wäre es möglich, die Temperatur noch höher zu steigern, so würde auch der Thon zweifellos schließlich in gasförmigen Zustand zu bringen sein.

Man kann daher mit vollster Sicherheit annehmen, daß es gar keinen Stoff giebt, der absolut f e s t wäre und es auch in allen Arten von Hitze bliebe. Die Hitze macht alle festen Massen flüssig; wenn also irgend eine Masse fest ist, so ist sie nicht von Natur aus fest, sondern nur deshalb, weil es nicht heiß genug ist, sie zu schmelzen und flüssig zu machen. — Alle Flüssigkeiten können durch Hitze in Gas verwandelt werden. Wenn wir also jetzt eine Flüssigkeit sehen, so können wir durchaus nicht sagen, es sei diese ihrer Natur nach flüssig, sondern ihre flüssige Eigenschaft hängt nur von dem Umstand ab, daß es nicht warm genug ist, um sie in Gas zu verwandeln.

Ganz ebenso aber, wie die Wärme alle festen Körper flüssig und alle Flüssigkeiten gasförmig macht, ebenso vermag die Kälte ganz unzweifelhaft alles in der Welt in feste Massen zu verwandeln.

Die größte künstliche Kälte, die bisher erzeugt worden ist, belief sich auf circa — 250 Grad Celsius. In dieser Kälte wird Quecksilber so hart, daß man es hämmern kann. Äther, Alkohol, und sonstige Flüssigkeiten, die man niemals glaubte in feste Massen verwandeln zu können, erstarren zu zähen Massen. Ja selbst unsere Luft wird in dieser Kälte zu einer Flüssigkeit.

Die Stoffe können also alle entweder fest oder flüssig oder gasförmig sein, je nach der Wärme, der sie augenblicklich ausgesetzt sind.

X. Die Verflüssigung der Luft.

Erst ganz kürzlich (1896) ist es den Bemühungen der Herren Linde und Dewar durch ein sinnreiches Verfahren gelungen, die Luft in größeren Mengen auf einfache und billige Weise zu verflüssigen. Da diese Thatsache in der neuesten Zeit ein besonderes Aufsehen erregt hat, sei über das Verfahren hier ein Kapitel eingeschaltet.

Wir sehen in C (Fig. 2) eine Druckvorrichtung, die gestattet, die atmosphärische Luft in p_2 unter Zuführung von Ersatzluft durch a auf den Druck p_1 zusammenzudrücken. Diese Luft bewegt sich durch den Kühler R, wobei sie die Temperatur t_1 erhält und betritt alsdann den wesentlichsten Teil des Apparates, den Gegenstromkühler.

Nichts Einfacheres als dieser: Zwei Röhren von verschiedenem Durchmesser in einandergesteckt, spiralig aufgewunden, das ist der Kernpunkt der Lindeschen Maschine.

Unsere komprimierte Luft vom Drucke p_1 mit der zugehörigen Temperatur t_1 durchfließt das engere Rohr, d. h. den inneren Gang des Gegenstromkühlers, in dem sie auf t_2 abgekühlt wird und strömt bei r in das Sammelgefäß ein. Die

plötzliche Ausdehnung der stark zusammengepreßten Luft beim Betreten des Sammelraumes ist von einer bedeutenden Abkühlung begleitet, die eine Temperaturerniedrigung des Gasgemisches auf t_3 zur Folge hat. Jetzt zwingt die Anordnung des Apparates die Luft von der Temperatur t_3 ihren Rückzug zur Druckvorrichtung durch den äußeren Gang des Gegenstromkühlers zu nehmen; sie wirkt hierbei, wie leicht ersichtlich, abkühlend auf die ihr im inneren Rohre entgegenströmende Luft ein.

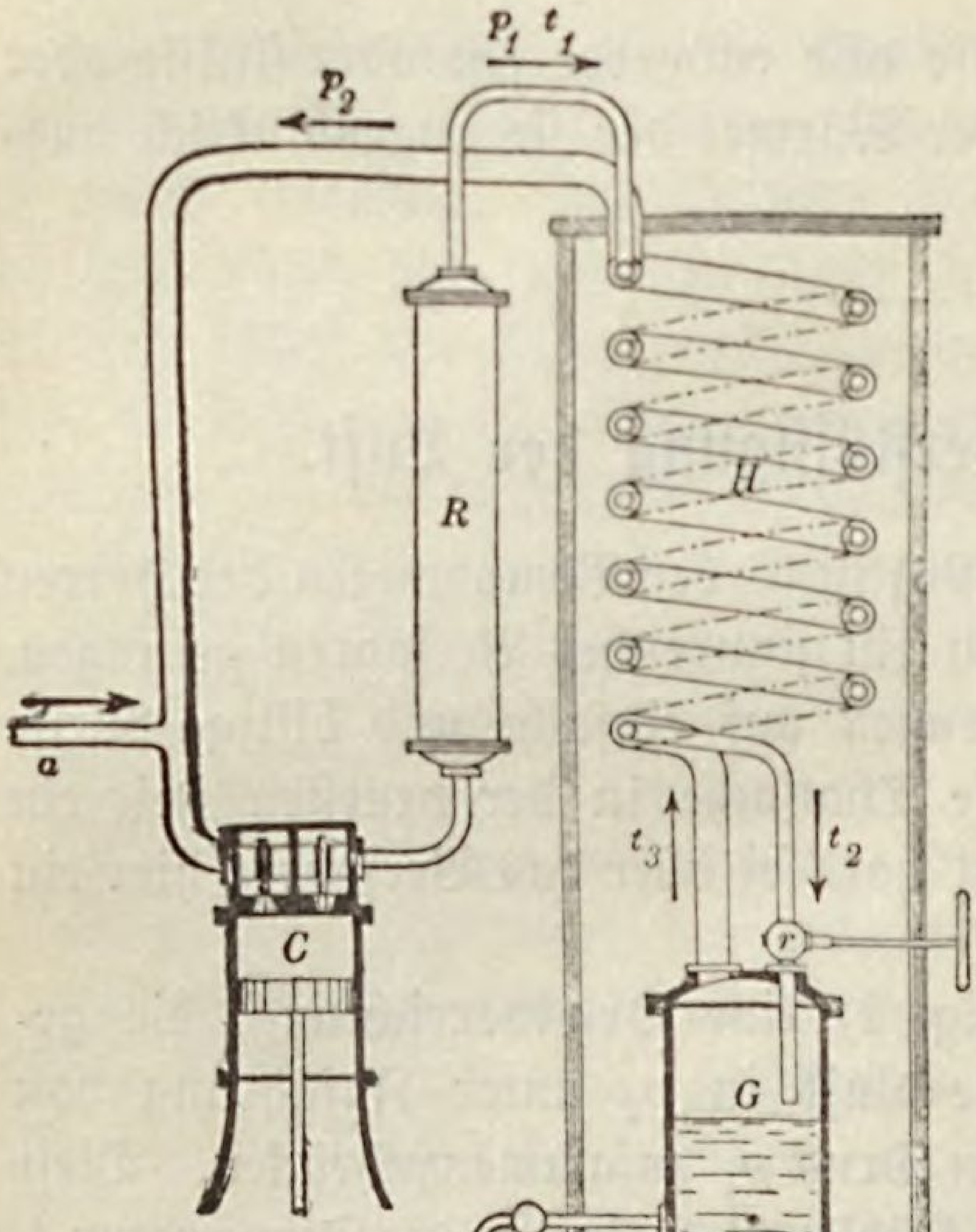


Fig. 2.

Die wechselseitige Beeinflussung von der mildered Temperatur t_3 auf die höhere t_2 während eines beständigen Kreislaufs hat nun ein Sinken des Temperaturzustandes im Gefolge, bis die „kritische" Temperatur erreicht ist, und die Luft bei dem herrschenden Drucke sich zu verflüssigen beginnt. Die Zeitspanne, die bis zur Verflüssigung der Luft verstreicht, hängt natürlich von äußeren Einflüssen und von den Größenverhältnissen des Apparates ab.

Die Entnahme der so erhaltenen Flüssigkeit kann jetzt nach Wunsch aus einem am Sammelgefäß passend angebrachten Hahn von besonderer Konstruktion geschehen. Professor Linde füllt die flüssige Luft zur Aufbewahrung in zweckgemäße doppelwandige Glasflaschen ein. Der Hohlraum zwischen den Glas-

wänden ist möglichst luftleer gemacht und dann mit wenig Quecksilber beschickt; in der Luftleere verdampft das Metall, um sich auf der kalten Wand des Glasgefäßes in dünner Schicht abzulagern. Der metallische Belag hindert die Wärmestrahlung, die Leere die Wärmeleitung, so daß etwa nur ein Dreißigstel von derjenigen Wärme in das Gefäß eintritt, die unter den zeitweilig herrschenden Bedingungen hineingelangen würde.

Da die Verflüssigung des Stickstoffs bei einer Temperatur eintritt, die um 10° tiefer liegt, als die Verflüssigungs-Temperatur des Sauerstoffs, so ergiebt sich keineswegs eine Flüssigkeit, die das prozentige Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff unserer Atmosphäre vorstellt, sondern ein an Sauerstoff reicheres Gemenge. Die schwach blaue Farbe des flüssigen Gemisches einerseits (flüssiger Sauerstoff ist blau, flüssiger Stickstoff ist farblos), das lebhafte Aufflammen eines glimmenden Holzspahns beim Eintauchen in das Gemisch andererseits zeugen für den Sauerstoffreichtum. Auf die bedeutende Kälte der Flüssigkeit weist die Nebelbildung der umgebenden Luft; Alkohol und Quecksilber gefrieren bei der Einwirkung der Flüssigkeit; die lebhafte Verdunstung an der Atmosphäre beim Eingießen desselben in eine Emailleschale veranlaßt die interessante Erscheinung des „Leidenfrostschen Phänomens“: Die Flüssigkeit gerät in stürmische Bewegung, wie ein kalter Wassertropfen auf einer heißen Platte, die sich aber allmählich durch die Abkühlung der Schale schwächt und schließlich ganz verliert.

Eine Abänderung des beschriebenen Apparates gestattet, mechanisch eine annähernde Trennung des atmosphärischen Gasgemisches in seine Bestandteile, Sauerstoff und Stickstoff, herbeizuführen.

Das Prinzip zur Erreichung dieses Resultates war Linde durch die Erkenntnis gegeben, daß beim Verdampfen verflüssigter Gasgemische zunächst der flüchtigere Bestandteil in den gas-

förmigen Zustand zurückkehrt. Die Anordnung der Maschine ist so getroffen, daß die Gase möglichst die zu ihrer Verflüssigung aufgewendete Kälte im Apparate hinterlassen, sodaß sie beim Austritt aus demselben annähernd die derzeitig herrschende Temperatur besitzen.

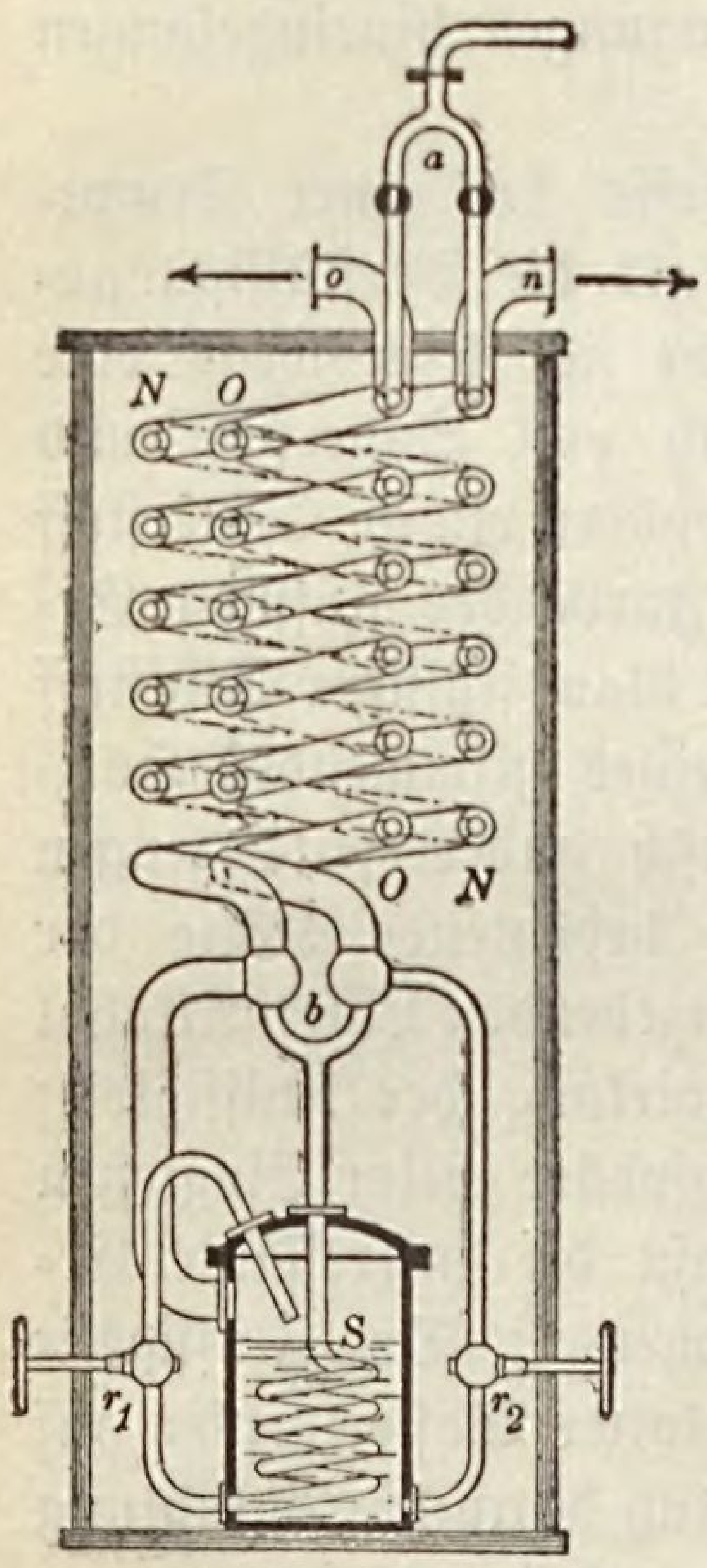


Fig. 3.

Die zusammengedrückte Luft betritt nach Durchgang durch den Kühler ein Rohr, das sich bei *a* (Fig. 3) in zwei Gegenstromapparate *N* und *O* verzweigt; die inneren Rohre treten wieder zusammen und leiten die wiedervereinigte Luft durch die Kühlschlange des Sammelgefäßes, in das sie schließlich bei r_1 unter Ausdehnung einströmt.

Das Fließen der zusammengedrückten Luft von der Temperatur t_2 durch die Kühlschlange bedingt eine Temperaturerhöhung der im Sammelgefäß bereits verflüssigten Gase, der Stickstoff als der flüchtigere Bestandteil beginnt zu verdampfen, steigt durch den äußeren Mantel von *N* empor, giebt seine Kälte der ihm im inneren Mantel von *N* entgegenströmenden Luft ab und verläßt bei *n* den Apparat.

Die nunmehr sauerstoffreiche Flüssigkeit fängt an in dem äußeren Mantel von *O* emporzusteigen, verdampft, giebt ihre Kälte ebenfalls an die ihr entgegenströmende Luft des inneren Rohres ab und tritt bei *o* als mehr oder minder reiner Sauerstoff aus.

Der unschätzbare Wert des Verfahrens liegt darin, daß es der Zukunft eine Handhabe für die billige Gewinnung technisch-reinen Sauerstoffs bietet. Zur Belebung nach Narkosen,

zum Eindicken von Ölen, zum Bleichen, in der Glas- und Metallindustrie erfreut sich der komprimierte Sauerstoff eines von Jahr zu Jahr zunehmenden Konsums. Nach den Resultaten der vorgenommenen Versuche vermag eine Pferdekraft 5 cbm Luft von Atmosphärendruck und gewöhnlicher Temperatur in dem Zeitraum einer Stunde in Stickstoff und Sauerstoff zu zerlegen.

XI. Der Einfluß der Wärme auf die Atome.

Um die Wichtigkeit einzusehen, welche in der Kenntnis des Einflusses der Wärme auf alle vorhandenen Massen liegt, müssen wir den Blick weit hinaus auf die Entstehung aller festen Massen, auf die Entstehung der ganzen Erde richten.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß die Erde einmal ganz und gar flüssig gewesen ist.

Hieraus aber folgt, daß der Raum, durch welchen die Erde sich bewegt, daß der Weltraum kalt ist, sonst könnte sich ja die Erde nicht darin so abgekühlt haben, daß sie vollkommen fest geworden ist. Diese Kälte des Weltraumes beträgt aber nach den neuesten Forschungen mindestens — 150 Grad, vielleicht sogar mehr als — 200 Grad Celsius. Dennoch waren sicher viele, viele Millionen Jahre nötig, um die feuerflüssige Erdkugel so weit abzukühlen, daß sie fest wurde.

Geht man nun noch weiter zurück auf die Geschichte der Entstehung der Erde, so gerät man auf die Vermutung, daß sie einst nur eine ungeheure Gaskugel war, deren Atome in einer durch die Wissenschaft noch nicht zu erklärenden Weise sich angesammelt haben. Erst nach dieser Epoche wurde durch die Abkühlung im Weltraume diese Gaskugel nach und nach eine flüssige, feurige Kugel von bedeutend kleinerem Umfang, aus welcher sich dann wieder unsere heutige feste Erdkugel bildete.

Es entsteht nun aber hierbei folgende Frage: Alle bis-

herigen Versuche haben gezeigt, daß, wenn einmal Massen soviel Wärme in sich aufgenommen haben, daß sie gasförmig werden, die Atome keine Anziehung auf einander äußern, es herrscht vielmehr eine Abstoßungskraft zwischen diesen Atomen vor, und die Atome entfernen sich von einander, so wie es eben der Raum gestattet. Nimmt man also an, daß die Erde einmal nur eine ungeheure Gaskugel gewesen ist, so fragt es sich, weshalb haben sich die Atome derselben nicht durch den ganzen Weltraum zerstreut? Weshalb überwog nicht die Abstoßungskraft, die in solchem Falle vorherrscht, derart, daß eine vollständige Auflösung der Erde erfolgte? —

Die Antwort hierauf ist folgende:

Es giebt außer der Anziehungskraft der Atome, die wir bisher kennen gelernt haben, eben noch andere Anziehungskräfte, welche dem unendlichen Zerstreuen gasförmiger Massen eine Grenze setzen, und namentlich giebt es eine Anziehungskraft, welche in zwei wesentlichen Punkten von der bisher besprochenen Anziehungskraft der Atome verschieden ist.

Von der Anziehungskraft, die wir bisher besprochen haben, wissen wir, daß sie nur zwischen Atomen wirkt, welche sehr nahe aneinander gerückt sind. Wenn ein Stück Eisen eine Festigkeit hat und seine Atome also sich gegenseitig anhaften, so wissen wir, daß dies aufhört, sobald man mit Gewalt das Stück zerbrochen oder ein Stück davon in irgend einer anderen Weise getrennt hat. Die Atome, einmal auseinander gerissen, vereinigen sich nicht wieder, wenn man sie aneinander bringt, weil man nicht im stande ist, sie stark genug aneinander zu pressen, um sie wieder so nahe aneinander zu bringen, daß sie sich anziehen können. Die Anziehungskraft zwischen Atom und Atom wirkt nur, wenn sie sich außerordentlich nahe sind, hat man sie aber von einander entfernt, so hört diese Anziehung auf zu wirken. Wenn zwei Wassertropfen sich berühren, springen sie in einander und bilden einen einzigen Tropfen; aber sobald

die Berührung nicht stattfindet, ziehen sie nicht einander durch ihre Atom-Anziehung an.

Ganz anders aber ist es mit der neuen Anziehungskraft, die wir nunmehr kennen lernen werden; sie wirkt bis in unendliche Entfernungen und übt ihren Einfluß, wie wir sehen werden, auf unzählige Millionen Meilen aus.

Der zweite Unterschied liegt darin, daß die Atom-Anziehung, wie wir gesehen haben, abhängig ist von der Wärme, während die Anziehungskraft, die wir jetzt betrachten wollen, durch Wärme weder gesteigert noch geschwächt wird.

XII. Die Anziehungskraft der Massen.

Diese neue Anziehungskraft ist die Anziehung, die Massen auf einander ausüben. Man bezeichnet sie wissenschaftlich mit dem Namen „Gravitation“ oder in Bezug auf die Anziehung der Erde „die Schwere.“ —

Wunderbar ist es, daß in der Menschengeschichte viele Jahrtausende vorübergingen, ohne daß die Denker eine Ahnung hatten von diesem Gesetz der Anziehung, obgleich alles, was auf der Erde steht und geht, sich regt und bewegt, einzig und allein durch die Anziehung der Erde seinen Bestand hat.

Wenn man bedenkt, daß alles in der Welt dieser Anziehungskraft ausgesetzt ist und dennoch Tausende und Tausende von Menschengeschlechtern auf der Erde gelebt haben ohne eine Ahnung dieser unendlichen Kraft, so möchte man die Menschheit vergleichen mit einem Kinde, welches auf einem Seeschiff geboren und erzogen an das ewige Schaukeln seines Wohnorts so gewöhnt ist, daß es sich darüber gar nicht wundert, dafür aber im höchsten Grade erstaunt ist, wenn es ans Land gebracht wird und nun durchaus erforschen will, weshalb das Festland nicht hin und her schaukelt.

Tausende und Abertausende von Menschengeschlechtern haben nur darum keine Ahnung von dieser Anziehungskraft gehabt, weil jeder einzelne Mensch von dem ersten Augenblick der Geburt bis zum letzten des Todes sich und alles ringsumher dem Gesetze der Anziehung gehorchen sah. Sie ahnten diese allmächtige Kraft nicht, gerade weil sie nie Gelegenheit hatten etwas zu sehen, worauf diese Kraft nicht wirkt. Die Gewöhnung an die Erscheinung dieser Kraft ließ sie, wie es ja auch in andern Dingen so oft geschieht, gar nicht vermuten, daß eine solche Kraft vorhanden ist.

Darum aber hält es auch jetzt noch schwer, einem Menschen, der noch nichts von dieser Anziehungskraft vernommen, dieselbe deutlich zu machen, obgleich nichts in der Welt existiert, das nicht ein Beweis dieser Kraft ist.

Warum fällt ein Stein, den man von der Erde aufhebt und losläßt, wieder in gerader Linie zurück zur Erde? — Die unwissenden Naturphilosophen des Mittelalters sagten, daß das am Steine liege. Derselbe sei von der Erde genommen und habe deshalb das Bestreben zur Erde zurückzukehren. Jetzt weiß man es besser. Nicht durch die Naturphilosophen, denn diese spielen teilweise noch heutigen Tages mit ähnlichen thörichten Gedanken, wie die des Mittelalters, sondern durch die Naturforscher, die erkannt haben, daß es nicht am Stein liege und nicht von der Sehnsucht desselben nach seinem Ursprunge abhänge, sondern daß es die Anziehungskraft der Erde ist, die den Stein und wie den Stein auch jede andere Masse anzieht, die sich auf derselben befindet.

Die Anziehungskraft der Erde ist es, welche es bewirkt, daß die Erdkugel von allen Seiten bewohnt und belebt werden kann, daß Menschen und Tiere sich auf ihr bewegen können, obgleich die Menschen und Tiere auf der einen Seite der Kugel gerade umgekehrt gehen und stehen als auf der andern. Hätte die Erde keine Anziehungskraft, so würde jeder Stein,

der in die Höhe geworfen wird, sich in den unendlichen Raum fort und fort bewegen und nie zur Erde zurückkehren. Ja jedes Tier, jeder Mensch würde durch den leisesten Sprung sich von der Erde fortbewegen und niemals zu ihr wieder herabkommen. Die Anziehungskraft der Erde ist es, die den Regen, Schnee und Hagel, wie den Vogel, der in der Luft schwebt, abwärts zieht. Die Anziehungskraft der Erde ist es, die alle Gewässer von den Höhen nach der Tiefe zieht und dort große Meere über den Tiefen bildet. Die Anziehungskraft der Erde ist es, die es verhindert, daß nicht der leiseste Wind Häuser und Berge aus ihren Fundamenten hebt und forträgt. Die Anziehungskraft der Erde ist es, die jedes Sonnenstäubchen zu Boden sinken läßt und die Anziehungskraft der Erde ist es, die den Mond in einer Entfernung von 50 000 Meilen in seiner Bahn festhält und es bewirkt, daß er sich nicht in dem Weltraum verliert.

Wir werden diese Anziehungskraft näher kennen zu lernen suchen, die nicht nur zwischen Erde und Mond, sondern auch zwischen Erde, Mond und Sonne herrscht, zwischen der Sonne und allen ihren Planeten, ja zwischen der Sonne und sämtlichen Sonnen des unendlichen Raumes, sämtlichen Sternen, die am nächtlichen Himmel ihr Licht bis zu unserm Auge senden. Wir werden diese Kraft näher kennen lernen, die auch noch in den Fernen wirkt, von denen der menschliche Geist sich keine bildliche Vorstellung mehr machen kann und dann werden wir sehen, daß trotz ihrer großartigen, in die fernsten Fernen sich kund thuenden Wirkungen diese Kraft doch wahrscheinlich nur ihren Sitz hat in den unendlich kleinen Atomen der Masse, die wir bereits kennen gelernt haben.

XIII. Wie die Anziehung der Erde mit der Entfernung abnimmt.

Der mächtige Geist des großen englischen Naturforschers Isaac Newton (sprich: Njuten, 1643—1727), der eben die Anziehungskraft der Erde und aller Himmelskörper bewiesen hat, hat auch zugleich das Maß bestimmt, nach welchem die Anziehung abnimmt in der Entfernung, und dieses von Newton bereits vor zweihundert Jahren (1682) entdeckte Gesetz hat sich nicht nur bis jetzt bestätigt gefunden, sondern es ist die Grundquelle der ganzen astronomischen Wissenschaft.

Nach diesem Gesetz ist die Anziehungskraft desto größer, je größer die Massen sind. Die Erde besitzt eine große Anziehungskraft, weil sie eine große Masse ist. Würde durch irgend welchen Umstand die Erde einen Teil ihrer Masse verlieren, so würde in demselben Verhältnis ihre Anziehungskraft schwächer werden. Würde die Hälfte der Erde irgendwie verloren gehen, so würde der Erde nur die Hälfte der Anziehungskraft verbleiben. Ein Planet, der nur den dritten Teil der Masse besitzt, die die Erde hat, hat auch nur ein Drittel ihrer Anziehungskraft. Der Mond, der achtzigmal weniger Masse hat als die Erde, besitzt auch nur den achtzigsten Teil ihrer Anziehungskraft. Die Masse der Sonne, die 355000mal größer ist als die Erde, giebt ihr auch eine 355000mal stärkere Anziehungskraft, als die Erde besitzt.

Aber all' dies gilt nur, wenn es sich um die Anziehungskraft eines Gegenstandes handelt, der von den anziehenden Massen gleich weit entfernt ist; ändert sich die Entfernung, so ändert sich auch die Anziehungskraft; und zwar nach einem Gesetz, das wissenschaftlich mit den wenigen Worten ausgedrückt wird: „die Anziehungskraft nimmt ab quadratisch mit der Entfernung."

Es verdient dieses Gesetz von All' und Jedem, mindestens

im allgemeinen begriffen zu werden und deshalb werden wir es deutlicher zu machen suchen.

Denken wir uns auf dem Tisch eine feste Kugel, welche eine gewisse Anziehungskraft besitzt, und legen wir eine zweite Kugel einen Fuß weit entfernt von ihr nieder, so wird diese zweite Kugel von der ersten angezogen werden. Legen wir nun eine dritte Kugel auf den Tisch und zwar *zwei* Fuß von der ersten entfernt, so wird auch diese dritte Kugel von der ersten angezogen werden, aber weit schwächer als die zweite. Die Anziehungskraft hat mit der Entfernung abgenommen. So weit wird wohl jedermann die Sache einleuchtend finden; aber wenn man fragt: gut, die entferntere Kugel wird schwächer angezogen als die nahe; aber um *wieviel* wird sie schwächer angezogen? so wird höchst wahrscheinlich jeder denken: nun, die eine Kugel ist *einen* Fuß von der anziehenden Kugel, die andere aber ist zwei Fuß, also *zweimal* so weit entfernt von derselben, folglich wird die Anziehung auf die entfernte Kugel auch zweimal so schwach als auf die erste wirken! —

Das aber ist ein Irrtum. *Newton* hat bewiesen, daß die Anziehung auf die Kugel, die *zweimal* so entfernt ist, *viermal* schwächer wirkt. Würde sie drei Fuß entfernt liegen, so würde sie *neunmal* schwächer angezogen werden als die Kugel, die nur einen Fuß von der anziehenden Kugel entfernt ist. Läge sie viermal so weit entfernt, so würde sie *sechszehnmal* so schwach angezogen werden. Mit einem Worte: Mit jedem Fuß Entfernung würde die Schwäche der Anziehung wachsen und zwar so wachsen, wie das Maß der Entfernung, mit sich selbst multipliziert, wächst. Bei zweimaliger Entfernung wird die Anziehung viermal schwächer, da zwei mal zwei *vier* ist. Bei dreimaliger Entfernung wird die Anziehung neunmal schwächer, da drei mal drei neun ist. Bei viermaliger Entfernung wird die Anziehung sechszehnmal schwächer, da vier

mal vier sechszehn ist. Und so weiter bei jedesmaliger Entfernung wird die Anziehungskraft um so viel verlieren, als die Entfernungszahl, mit sich selbst multipliziert, beträgt; oder wie man es wissenschaftlich ausdrückt, so viel wie das Quadrat der Entfernung beträgt. Der aufmerksame Leser wird sich erinnern, daß dies Gesetz vom Quadrat der Entfernung auch für die Abnahme der Intensität einer Lichtquelle galt (siehe Teil 1, Seite 52).

Und dies Gesetz, das Newton entdeckt hat, bestätigt sich aufs vollständigste durch das ganze Bereich der Natur. Dies Gesetz hat sich an allen Bewegungen der Himmelskörper bewährt, selbst an solchen, von denen man zu Newton's Zeit gar keine Ahnung hatte. Ja es ist dies ein Gesetz, das nicht nur in Bezug auf die Erde, auf den Mond, auf die Sonne, auf die Planeten und Kometen vollkommene Geltung hat, sondern auch in den unendlichen Fernen der Fixsterne hat man in diesem Jahrhundert Doppelsterne entdeckt, wo zwei Sonnen sich umeinander bewegen, indem sie sich stets gegenseitig anziehen. Auch diese Anziehungen, die in so entlegenen Strecken vor sich gehen, daß jeder Begriff solcher Ferne dem menschlichen Geist entschwindet, auch diese Anziehungen folgen dem Gesetz Newton's, das wir hier in den allgemeinsten Zügen deutlich zu machen suchten.

XIV. Allgemeine Betrachtung über den Fall der Körper.

Wir wollen die Anziehungskraft der Massen noch etwas näher kennen lernen und hierzu die Gesetze des Falles deutlich zu machen suchen, die gewiß für jeden denkenden Leser höchst interessant sein müssen.

Wir wissen, daß es die Anziehungskraft der Erde ist,

welche es bewirkt, daß alle Dinge, die man in der Höhe frei sich selbst überläßt, zur Erde herabfallen. Es wird ferner schon jeder beobachtet haben, daß ein Stein, der aus dem Fenster des ersten Stockwerkes auf die Erde fällt, weit weniger kräftig aufschlägt als ein Stein, der vom Dach fällt, und daß er erst langsam zu fallen anfängt und dann mit immer wachsender Geschwindigkeit zur Erde stürzt.

Das alles sind ganz richtige Wahrnehmungen, und sie sind, wie wir zeigen werden, durch die Gesetze der Anziehung der Erde begründet. Durch diese Gesetze aber ist das Fallen der Körper derart genau bestimmt, daß man mit vollkommenster Gewißheit angeben kann, wie lange es dauert, bevor der Stein, von einer Turmspitze fallend, die Erde erreicht und wie stark der Stoß sein wird, mit dem er anprallt. Ja diese Bestimmungen, die man die Gesetze des Falles nennt, sind so sicher, daß man aus einem fallenden Stein viel Wichtiges lernen kann. Ist z. B. ein Stein von der Spitze eines Turmes zur Erde gefallen und man hat sich genau die Zeit gemerkt, die er dazu gebraucht hat, um von oben herabzukommen, so kann man hieraus mit der vollsten Genauigkeit berechnen, wie hoch der Turm ist. Oftmals findet man Steine in der Erde, aus deren Lage man merkt, daß sie aus der Luft herabgefallen sein müssen, denn sie sind so stark in die Erde eingeschlagen, daß sie tief unter der Oberfläche liegen. Wiegt man einen solchen Stein genau und untersucht man hierzu die Tiefe des Loches, das er in die Erde gemacht und die Beschaffenheit des Bodens, auf welchem dies geschah, so lehren die Gesetze des Falles sehr genau bestimmen, von wo herab der Stein gekommen sein muß, welchen Weg er dabei genommen, mit welcher Geschwindigkeit er anprallte, und welche Zeit er zu seiner Luftreise gebraucht hat. Ja, man hat aus solchen Steinen jetzt bewiesen, daß sie zuweilen gar nicht von der Erde herstammen, sondern kleine Himmelskörper sind, die man nachts

als Sternschnuppen leuchtend durch den Himmelsraum laufen und zuweilen als Feuerkugeln herabfallen sieht. — Es sind dies die Meteorsteine, welche der unsterbliche Naturforscher Bessel dazu benutzt hat, um durch Pendelversuche aufs klarste zu beweisen, daß die Erde nicht nur irdische, von der Erde herstammende Dinge, sondern auch ihr ganz fremde Körper anzieht, und zwar genau mit derselben Kraft, als ob sie irdische Dinge wären.

Indem wir nun zu dem interessanten Gesetze des Falles kommen, müssen wir vor allem einen sehr verbreiteten Irrtum berichtigen.

Im gewöhnlichen Leben glaubt man, daß ein leichtes Ding langsamer zur Erde fällt als ein schweres. Und wirklich, wenn wir ein Stückchen Papier, eine Feder, oder sonst etwas Leichtes zum Fenster hinabwerfen, sehen wir, daß es sich lange in der Luft erhält, daß es sich wendet und dreht, bevor es zur Erde herabkommt, während ein Stein oder sonst ein schweres Ding seinen Weg geradezu und sehr schnell zur Erde herab nimmt. Wer hieraus aber schließt, daß leichte Dinge langsamer von der Erde angezogen werden, als schwere, der irrt sich. Die leichten Dinge sind nur nicht im stande, die Luft so schnell zu verdrängen, die sie auf ihrem Wege finden. Die Luft hält sie daher eine kleine Weile auf und hemmt ihren Lauf. Ja, wenn leichte Dinge so gebaut sind, daß sie die Luft in einer Art Schirm auffangen, so schweben sie äußerst langsam zur Erde nieder. Schon öfter haben wir das schöne Schauspiel der Fallschirme gehabt, die durch Luftballons in die Höhe genommen worden sind, und die dann abgeschnitten sich ausbreiteten und indem sie in ihrem weiten, bauchigen Raum großen Widerstand in der Luft fanden, langsam mit ihrer Last zur Erde herabschwebten. Jetzt machen sich schon die Kinder auf den Straßen solche Fallschirme aus Seiden-papier, die sie Luftballons nennen und wenn sie genau ge-

arbeitet, richtig belastet und hoch genug geworfen werden können einen angenehmen Anblick in ihrem sanften Herabschweben zur Erde gewähren.

Wie solchem Fallschirme ergeht es jedem leichten Gegenstande, der durch die Luft fällt. Die Luft hält ihn im Fallen auf und verzögert sein Herabkommen zur Erde, während schwere Gegenstände die Luft leichter durchschneiden und schneller ihren Weg herab durchlaufen. Es ist also nicht wahr, daß die Erde leichte Dinge langsamer an sich zieht. Die Anziehungskraft der Erde wirkt auf leichte und schwere Dinge ganz gleich und Versuche zeigen, daß im luftleeren Raum eine Feder und ein Zentner Eisen mit ganz gleicher Geschwindigkeit zur Erde herabstürzen.

Durch folgenden leichten Versuch kann sich jeder hiervon überzeugen:

Man nehme einen harten Thaler und lege darauf ein kleines Stückchen Papier und lasse beides von einer beliebigen Höhe zur Erde fallen und man wird sehen, daß Papier und Thaler gleich geschwind zur Erde gelangen. Der Thaler hat hierbei nur die Luft verdrängt und dem Stückchen Papier das Hindernis seines Falles beseitigt und unter solchen Umständen fällt es eben so schnell zur Erde wie der Thaler.

XV. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Falls?

Genaue Versuche haben gelehrt, daß ein Gegenstand, den man zur Erde fallen läßt, in der ersten Sekunde etwa 5 Meter herabfällt. Das heißt: die Erde zieht ihn in der Sekunde fünf Meter zu sich herab.

Zwar fällt der Gegenstand in dieser Sekunde nicht gleichmäßig schnell. Zu Anfang der Sekunde geht er fast unmerklich langsam. In der Mitte der Sekunde hat er seine durch-

schnittliche Geschwindigkeit, und am Ende der Sekunde fällt er am schnellsten. Jedoch alles in allem zusammengerechnet, fällt er in der ganzen ersten Sekunde fünf Meter herab und zwar, was er in der ersten Hälfte der Sekunde zu langsam fiel, holt er in der zweiten Hälfte der Sekunde ein.

Da die genauesten Versuche dies bestätigt haben, so wissen wir, daß jeder Gegenstand oder jeder Körper, wie man sich wissenschaftlich ausdrückt, in der ersten Sekunde seines Falls fünf Meter durchläuft.

Wie viel aber durchläuft er, wenn er zwei Sekunden fällt?

Das wollen wir gleich sehen; aber wir müssen ein klein wenig die Sache überlegen, denn die Frage ist gar nicht so leicht zu beantworten, wie man meinen sollte.

Nehmen wir an, es hätte Jemand einen Stein vom Dache eines Turmes fallen lassen und dieser Stein wäre schon eine Sekunde gefallen, hätte also seine fünf Meter abwärts gemacht. Fragen wir nun, wie viel Raum wird er in der zweiten Sekunde durchlaufen, so müssen wir bedenken, daß der Stein zu Ende der ersten Sekunde gerade eine noch einmal so große Geschwindigkeit hatte als in der Mitte der ersten Sekunde. Denn zu Anfang der ersten Sekunde hatte er noch gar keine Geschwindigkeit; zu Ende der ersten Sekunde hatte er die größte Geschwindigkeit und daraus folgt, daß er in der Mitte der ersten Sekunde die durchschnittliche Geschwindigkeit hatte. Er ist anfangs langsam und am Ende schnell gefallen, so daß er in der Mitte der Sekunde gerade mit dem durchschnittlichen Maß der Geschwindigkeit fiel. Bedenkt man hierbei, daß der Stein in der letzten Hälfte der Sekunde gerade einholte, was er in der ersten zu langsam gefallen ist, so gelangt man bei genauem Nachdenken darauf, daß der Stein zu Ende der ersten Sekunde genau die zweimal so große Geschwindigkeit hatte, als in der Mitte dieser Sekunde. Da er aber in der Mitte dieser Sekunde die richtige Geschwindigkeit von ungefähr fünf

Meter pro Sekunde besaß, so folgt daraus, daß der Stein am Ende der ersten Sekunde mit einer Geschwindigkeit begabt ist, die ihn zweimal fünf also zehn Meter pro Sekunde zur Erde treibt (genauer 9,8 Meter).

Würde nun die Erde den Stein während der zweiten Sekunde garnicht anziehen, so würde er schon durch seine vom Ende der ersten Sekunde herrührende Geschwindigkeit zweimal fünf Meter in dieser Sekunde fallen. Aber die Erde zieht ihn in der zweiten Sekunde wieder fünf Meter mehr an sich, und daraus folgt, daß er in der zweiten Sekunde dreimal fünf Meter durchfallen muß.

Diese fünf Meter, die ihn die Erde in der zweiten Sekunde anzieht, sind aber wieder so beschaffen, daß er zu Ende derselben eine Geschwindigkeit hat, die doppelt so groß ist, als die mittlere. Der Stein würde also, wenn wir ihn weiter fallen lassen, in der dritten Sekunde ohne Anziehungskraft der Erde schon eine Geschwindigkeit haben, erstens: aus dem Ende der ersten Sekunde von zweimal fünf Meter und zweitens aus dem Ende der zweiten Sekunde wieder zweimal 5 Meter. Er würde also, wenn die Erde ihn während der dritten Sekunde garnicht anziehen würde, mit einer Geschwindigkeit von viermal fünf Meter sich zur Erde bewegen. Da aber in der dritten Sekunde die Erde ihn wieder fünf Meter zu sich zieht, so bewegt er sich in dieser durchschnittlich mit einer Geschwindigkeit von fünfmal fünf Meter.

Man nennt die fünf Meter, die ein Gegenstand immer in der ersten Sekunde fällt, einen Fallraum. Fiel also der Stein in der ersten Sekunde einen Fallraum, so fällt er in der zweiten, wie wir gesehen haben, 3 Fallräume, und in der dritten 5 Fallräume, und es läßt sich zeigen, daß er in der vierten 7, in der fünften Sekunde 9 Fallräume fallen würde u. s. w.

Sehen wir uns nun die Zahlen an, so finden wir, daß

sie der Reihe nach die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 sind, und Beobachtung und Berechnung zeigen wirklich, daß dies so fortgeht und in jeder neuen Sekunde die Fallgeschwindigkeit sich immer wie die nächste ungerade Zahl steigert.

XVI. Nähere Betrachtung der Fall-Geschwindigkeit.

Das Gesetz vom Fallen der Körper ist von so großer Wichtigkeit in der Naturwissenschaft, daß man seine Entdeckung als eine der bedeutsamsten in der Geschichte der Wissenschaft anzusehen hat. Das beste hieran aber ist, das es außerordentlich leicht wird, diese Gesetze zu begreifen und Fragen, die ehedem ganz unlösbar erschienen sind, zu beantworten.

Wir wollen dies durch ein Beispiel zeigen und bitten um die Aufmerksamkeit unserer Leser, mit der Versicherung, daß die folgende Berechnung, die für den ersten Augenblick schwierig aussieht, im Grunde genommen kinderleicht ist.

Zu diesem Zweck werfen wir die Frage auf: wie viel Meter durchläuft ein Stein, der in 6 Sekunden von irgend einer Höhe auf die Erde herabfällt?

Die Antwort hierauf ist einfach folgende:

In der ersten Sekunde fällt er einen Raum von fünf Meter und diesen Raum wollen wir immer mit dem Namen „Fallraum" bezeichnen. Also in der ersten Sekunde durchläuft der Stein einen Fallraum.

Wie nun im vorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde, steigert sich die Geschwindigkeit des Falles und zwar derart, daß er während der zweiten Sekunde drei Fallräume durchläuft, indem die Steigerung der Geschwindigkeit so zunimmt, wie der Reihe nach die ungeraden Zahlen. — Stellen wir daher einmal die ersten sechs ungeraden Zahlen neben einander! Diese Zahlen sind, wie jedes Kind weiß, die folgenden:

1. 3. 5. 7. 9. 11. In diesen gewiß sehr leicht aufzustellenden Zahlen besitzt man also eine vollständige Tabelle für die Fallräume in jeder der sechs ersten Sekunden.

Aus dieser Tabelle ersehen wir, daß der Stein während der ersten Sekunde einen Fallraum durchläuft, in der zweiten durchläuft er 3 Fallräume, während der dritten durchläuft er 5 Fallräume, in der vierten durchläuft er 7 Fallräume, in der fünften durchläuft er 9 Fallräume und während der sechsten Sekunde durchläuft der Stein 11 Fallräume. Will man nun wissen, wie viel Fallräume der Stein in allen sechs Sekunden durchlaufen hat, so braucht man nur zu berechnen, daß 1 und 3 und 5 und 7 und 9 und 11 gerade 36 betragen, so hat man's heraus, daß ein Stein in sechs Sekunden 36 Fallräume durchfällt, und da jeder Fallraum 5 Meter beträgt, so ist es leicht ausrechnen, daß 5 mal 36 so viel ist wie 180 und daraus ersieht man, daß ein Stein, der in sechs Sekunden zur Erde herabfällt, 180 Meter durchlaufen hat.

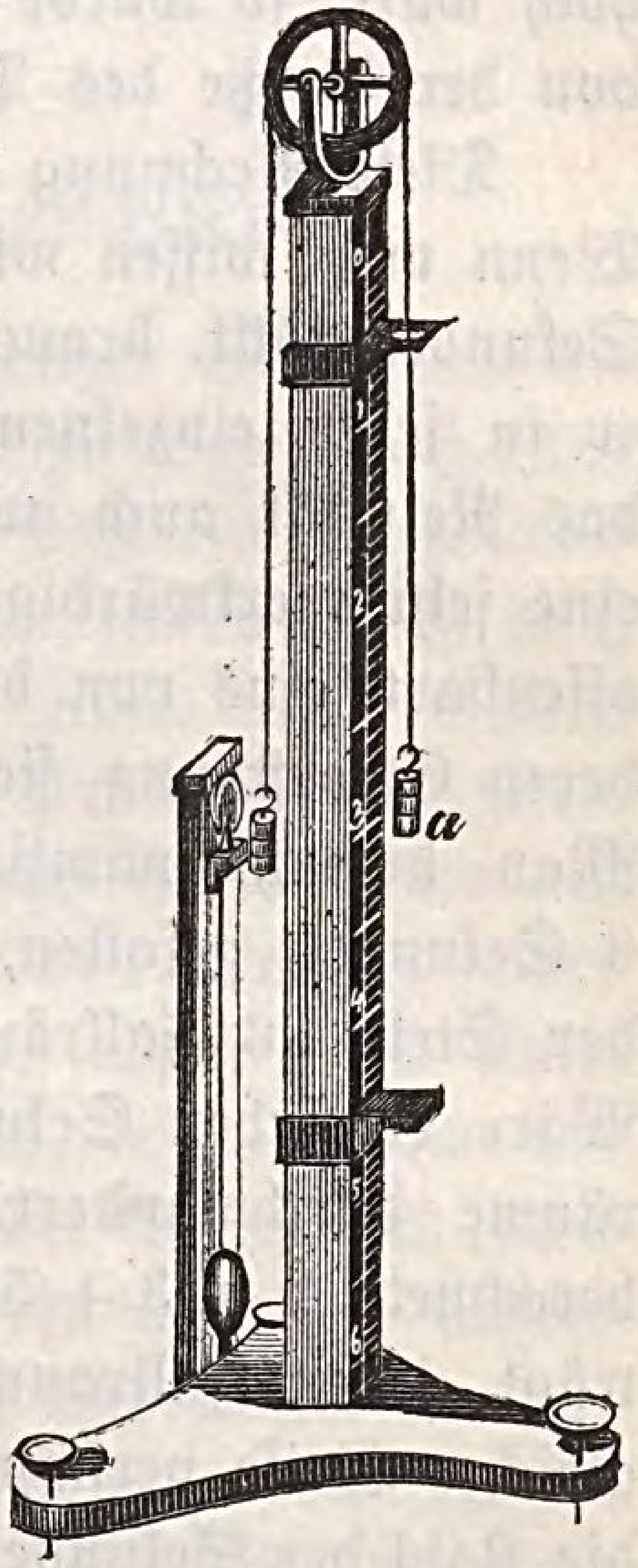


Fig. 4.

Daß dieses Gesetz richtig ist, kann man an der sogenannten Atwoodschen Fallmaschine (Fig. 4) sehen. An dieser Maschine sind 2 Gewichte *a* von gleicher Schwere befestigt, die, durch einen über eine Rolle geleiteten Faden mit einander verbunden, sich im Gleichgewicht halten. Beschwert man nun das eine von beiden durch ein kleines Übergewicht, so beginnt es zu fallen, allerdings infolge der verhältnismäßig sehr starken Reibung des Fadens an der Rolle viel, viel langsamer, als beim freien Fall. Sobald man nun weiß, wie groß die Strecke

ist, welche das Gewicht unter diesen Umständen in der ersten Sekunde zurücklegt, läßt sich vermittelst eines an der Maschine befestigten Maßstabes nachweisen, daß nach 2 Sekunden die 4-fache Strecke zurückgelegt ist, nach 3 Sekunden die 9-fache u. s. w.

Nehmen wir nun an, daß irgend ein Turm 180 Meter hoch wäre, so würde ein Stein 6 Sekunden Zeit brauchen, um von der Spitze des Thurmes bis zur Erde zu fallen.

Diese Rechnung kann aber noch leichter gemacht werden. Wenn man wissen will, wie viel Fallräume ein Stein in sechs Sekunden fällt, braucht man nicht erst zusammenzählen, wieviel er in jeder einzelnen Sekunde gefallen ist, sondern man kann das Resultat auch auf eine andere Weise erhalten, in der sich eine sehr merkwürdige Regelmäßigkeit, ein „Gesetz" der Zahlen offenbart, eins von den vielen wunderbaren Zahlengesetzen, mit deren Erforschung sich die größten Mathematiker beschäftigen. Man braucht nämlich nur einfach zu sagen: Der Stein ist 6 Sekunden gefallen, da aber 6 mal 6 gerade 36 ist, so ist der Stein 36 Fallräume gefallen, und das beträgt 180 Meter. Wäre er sieben Sekunden gefallen, so hätte er 7 mal 7 Fallräume durchwandert, das heißt 49 Fallräume (oder anders berechnet: $1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 = 49$) und dies beträgt, jeden Fallraum zu 5 Meter gerechnet, 245 Meter. In gleicher Weise verfährt man bei jeder Frage. Man multipliziert die Zahl der Sekunden mit sich selber, und die Zahl, die herauskommt, ist die Zahl der Fallräume, die der Stein durchlaufen hat.

Fällt ein Stein zehn Sekunden, so durchläuft er während dieser Zeit 10 mal 10, also hundert Fallräume. Fällt er 11 Sekunden, so durchläuft er 11 mal 11 Fallräume, in 12 Sekunden fällt er 12 mal 12 Fallräume u. s. w.

Da Mitteilungen über diese überraschenden Eigenschaften und Eigentümlichkeiten der Zahlengesetze nicht zu unserm Thema gehören, so wollen wir uns hierbei nicht weiter aufhalten, sondern nunmehr zeigen, wie das, was wie eine Spielerei aus-

sieht, das Berechnen des Falles eines Steines, von der allerhöchsten Wichtigkeit für die menschliche Erkenntnis ist, und die Grundlage der Wissenschaft der Astronomie bildet, die man mit Recht den Stolz der Menschheit nennt.

XVII. Wichtigkeit der Fallgesetze.

Um es deutlich zu machen, von welcher Wichtigkeit die Gesetze des Falles sind, brauchen wir nur zu sagen, daß ganz in derselben Weise, wie ein Stein oder sonst ein Gegenstand von der Erde angezogen wird, ganz in derselben Weise auch der von der Erde 50,000 Meilen entfernte Mond von derselben angezogen und in seinem Umlauf um die Erde erhalten wird.

Als der große Naturforscher und Mathematiker Newton, der die Gesetze der Anziehungskraft der Erde entdeckte, eines Tages sinnend in seinem Garten verweilte, sah er einen Apfel von einem Baume zur Erde fallen und dies, das Tausende vor ihm gedankenlos gesehen hatten, ohne über die Ursache des Falls nachzudenken, dies kleine Ereigniß regte ihn an, dem Gesetze von der Anziehung der Erde nachzuspüren und führte ihn auf den Weg, auf welchem die Astronomie bis in die tiefsten Regionen des Fixstern-Himmels hinein mit Sicherheit wandert.

Welche Ähnlichkeit aber hat ein fallender Apfel mit dem hoch über der Erde schwebenden Mond?

Um dies einzusehen, wollen wir die Gedanken einmal laut sprechen lassen, die im Geiste des denkenden Mannes durch den Fall eines Apfels zur Erde angeregt werden konnten.

Ein Apfel fällt zur Erde und zwar in senkrechter Linie, wenn er sich vom Baum loslöst. Er fällt in der ersten Sekunde 5 Meter tief.

Wie aber ist es, muß der denkende Mensch sich fragen,

wenn man einen Apfel nicht abwärts fallen läßt, sondern ihn geradeaus von sich wirft? — Die Erfahrung lehrt, daß in solchem Falle doch der Apfel zur Erde fallen wird; zwar nicht an der Stelle, wo die Hand ihn losläßt, sondern in einer weiten Entfernung. Denkt man darüber nach, woher das kommt, so findet man, daß der Apfel zwar dem Wurf der Hand folgte und geradeaus geflogen ist, aber mit dieser Bewegung hat er auch zugleich der Erde Folge geleistet und ist nicht in gerader Linie vorwärts gelaufen, sondern hat sich immer mehr und mehr zur Erde gesenkt und ist auch endlich auf diese hingefallen.

Nun haben aber genaue Untersuchungen gezeigt, daß wenn ein geworfener Apfel zur Erde fällt, er ganz demselben Gesetze folgt, als ob man ihn hätte fallen lassen. War der Apfel beim Werfen 5 Meter von der Erde entfernt, so wird er vom Beginn seines Laufes an sich zu senken anfangen und wird fern von dem Werfer genau in einer Sekunde auf dem Erdboden ankommen. Man kann sich hiervon durch Kugeln überzeugen, die man aus Gewehren oder Kanonen in genau wagerechter Richtung abschießt. Denken wir uns eine Kanone auf der Spitze eines Turmes aufgestellt und durch diese eine Kugel geradeaus abgeschossen, so wird wohl Jeder zugeben, daß die Kugel endlich zur Erde fallen wird. Wann aber wird sie zur Erde fallen? Wie lange wird es dauern bis sie den Erdboden berührt? — Genau so lange, wie es dauerte, wenn man sie von der Spitze des Turmes senkrecht herabfallen ließe!

Nehmen wir beispielsweise wieder an, daß der Turm 180 Meter hoch wäre, so würde die Kanonenkugel in sechs Sekunden nach dem Schuß zur Erde fallen. Freilich wird der Ort, wo die Kugel zur Erde fällt, nicht immer derselbe sein. Eine starke Kanone würde die Kugel weit hin treiben; eine schwächere würde die Kugel näher zu Boden fallen lassen. Aber immer und in allen Fällen wird sie, wenn sie in wage-

rechter Richtung abgeschossen wurde, nach Ende der sechs Sekunden auf der Erde liegen und die Entfernung dieses Ortes vom Thurme wird nur davon abhängen, wie weit der Schuß die Kugel in sechs Sekunden vorwärts zu treiben im Stande ist.

Woher kommt das? Nun, wir haben uns die Sache eben so zu denken, als ob 2 Kräfte auf die Kugel einwirken, deren eine (die Anziehungskraft der Erde) die Kugel senkrecht herabzieht, während die andere (die Schleuderkraft des Geschützes) sie in genau wagerechter Richtung vorwärts treibt. Nun wissen wir ja aber, daß die Anziehungskraft von Sekunde zu Sekunde stärker wirkt, während die Schleuderkraft stets dieselbe bleibt, wie zu Beginn des Schusses, daher wird die erstere allmählich das Übergewicht erlangen. Wird in Fig. 5 die Kugel von O nach C abgeschossen, so sucht die Schleuderkraft die Kugel nach einer Sekunde nach A zu treiben, während die Anziehungskraft der Erde sie nach A' ziehen möchte.

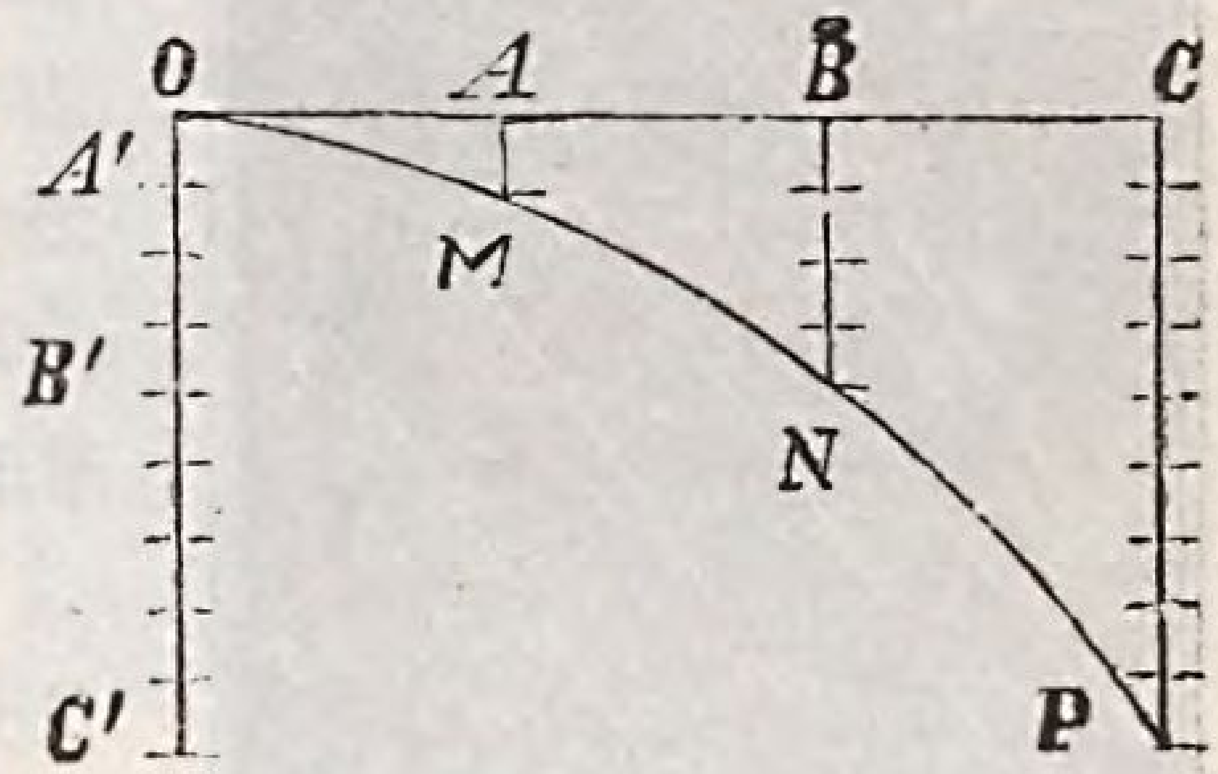


Fig. 5.

Die Kugel folgt nun beiden Kräften, indem sie sowohl um die Strecke OA seitwärts, als um die Strecke OA' abwärts geführt wird. So gelangt sie zum Punkte M, wodurch sie gewissermaßen beiden einander bekämpfenden Kräften ihren Gefallen thut. Nach 2 Sekunden würde die Schleuderkraft die Kugel nach B führen, die Anziehungskraft der Erde nach B', welches bekanntlich von O 4mal so weit entfernt ist, wie A'. Die Kugel schlägt wieder einen zwischen beiden Kräften vermittelnden Weg ein und fliegt nach N, so daß sie bisher insgesamt um die Strecke OB' gefallen, und um die Strecke OB seitwärts getragen ist. Nach 3 Sekunden gelangt die Kugel in derselben Weise zum Punkt P u. s. w. Die Thatsache, daß ein Körper, wenn er dem Einfluß zweier gleichzeitig wirkender Kräfte ausgesetzt ist, den „goldenen Mittel-

weg" einschlägt, ist eins der wichtigsten Grundgesetze der Naturkräfte, das sogenannte „Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte". Wenn nämlich die beiden Kräfte nicht senkrecht auf einander wirken, wie wir eben annehmen (wagerecht und lotrecht), sondern unter einem spitzen Winkel, so folgt der Körper ebenfalls beiden Kräften, und wenn man die beiden Orte, zu welchen ihn in einem bestimmten Zeitpunkt jede einzelne der beiden Kräfte geführt hätte, verbindet mit dem Ausgangspunkt und dem Punkt, an welchem er sich wirklich in dem betreffenden Moment befindet, so erhält man immer und unter allen Umständen ein sogenanntes Parallelogramm. Denkt man sich z. B. in Fig. 6 eine Kugel von *A* aus schräg aufwärts geschossen, so würde die Schleuderkraft sie nach 3 Sekunden bis *D* getrieben, die Anziehungskraft sie nach *d* gezogen haben; in Wirklichkeit muß sie sich jedoch in *n* befinden. Die 4 Punkte *A*, *D*, *d* und *n* bilden aber ein Parallelogramm. Nach 6 Sekunden sind die entsprechenden 4 Punkte *A*, *G*, *g* und *q*, welche wieder zusammen ein Parallelogramm bilden u. s. w. u. s. w.

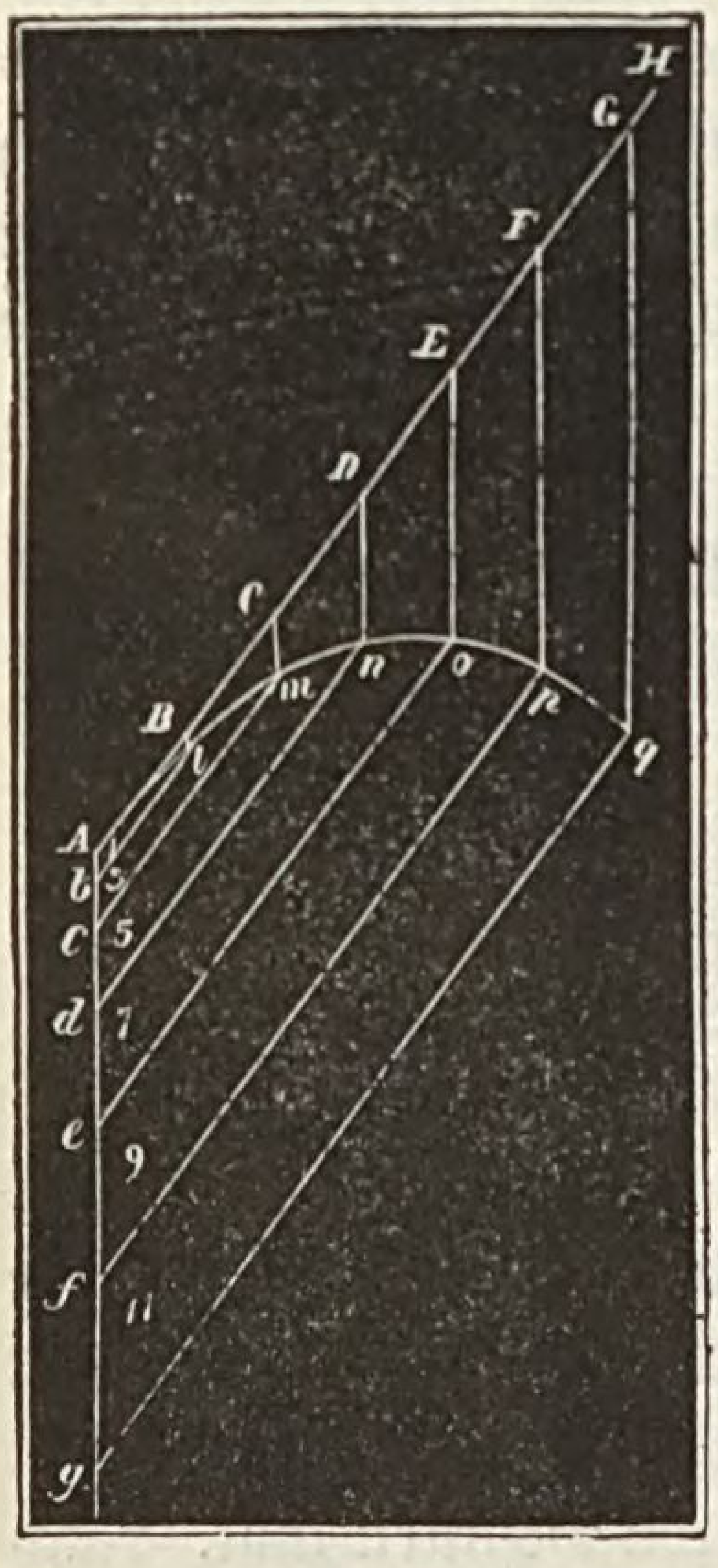


Fig. 6.

Wären beide Kräfte in jeder Sekunde unverändert eben so groß wie am Anfang, wären die Kräfte, wie man sagt „constant", so würde die Kugel sich in einer geraden Linie bewegen. Dieser Fall tritt z. B. ein, wenn eine Billardkugel 2 Stöße gleichzeitig erhält. Ist in Fig. 7 *A* die Billardkugel, welche gleichzeitig nach *B* und nach *C* zu gestoßen wird, so wird

sie sich in Wirklichkeit über *F* nach *D* u. s. w. bewegen. Da aber die Anziehungskraft von Sekunde zu Sekunde stärker wirkt, so wird, wie man wohl leicht einsieht, die beschriebene Bahn eine Kurve, eine gebogene Linie darstellen müssen (s. Fig. 5 und 6).

Diese gebogene Linie wird natürlich sehr verschieden sein, je nachdem die Kugel mit schwacher oder starker Kraft aus der Kanone geschleudert wird. Ist die Kraft des Schusses schwach, so wird die Linie sich nicht weit hin dehnen, sondern sich bald abwärts krümmen; ist die Kraft des Schusses stark, so wird die Linie sich weit hin dehnen und einen weit ausgespannten Bogen zu bilden scheinen.

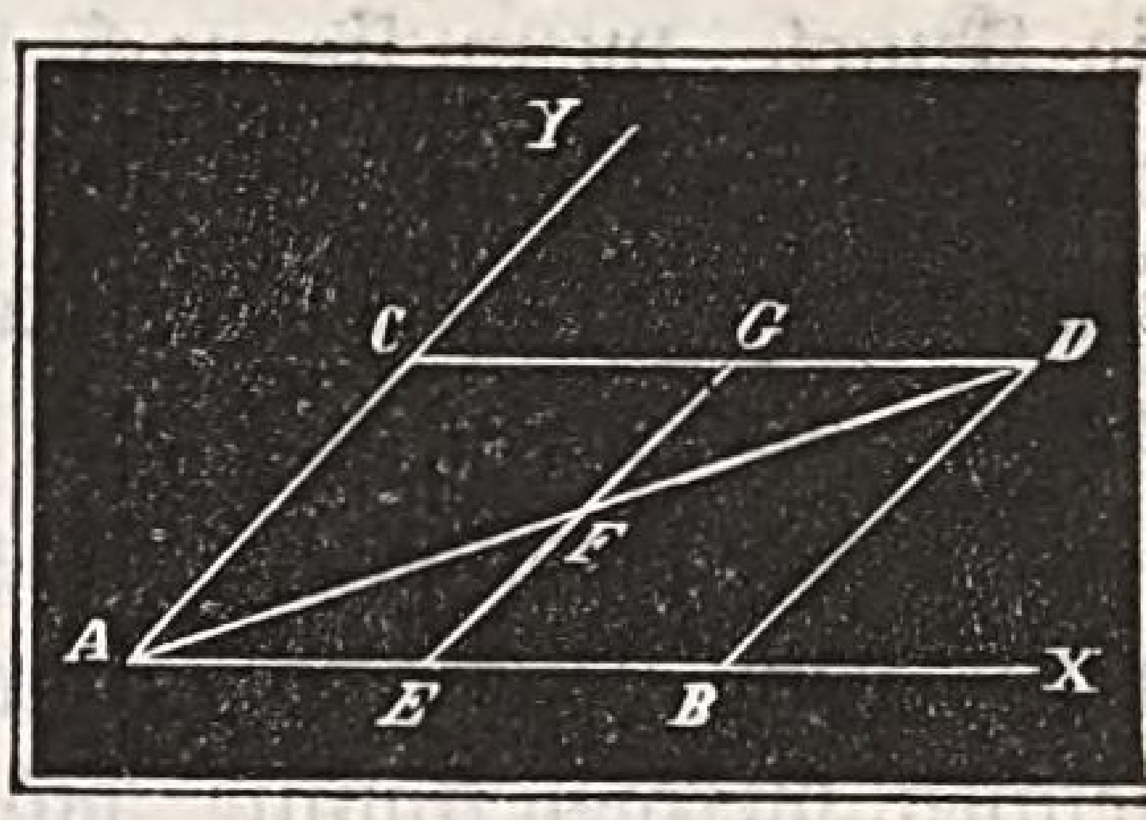


Fig. 7.

Ist dem aber so, so wird ein wenig Nachdenken zu dem richtigen Gedanken führen: je stärker solch' eine Kugel geschleudert wird, desto weiter dehnt sich der Weg bis zum Ort, wo sie auf die Erde fällt, desto gedehnter also wird der durchflogene Bogen. Da aber die Erde eine Kugel ist, deren Oberfläche bogenförmig gekrümmt ist, so kann man sich die Möglichkeit denken, daß eine Kanonenkugel mit so ungeheurer Kraft geschleudert würde, daß der Bogen, den die Kugel beschreibt, so groß und gedehnt ist, wie die Krümmung der Erdkugel selber. Wäre dies aber der Fall, könnte man also eine Kugel mit solch' enormer Kraft abschießen, so würde sie, wie man bei einigem Nachdenken erkennen wird, gar nicht zur Erde fallen können, sondern sie müßte ganz rings um die Erde herumlaufen und wenn sie kein Hindernis fände, unausgesetzt so laufen, ohne auf die Erde zu fallen.

So abenteuerlich und sonderbar solch' ein Gedanke klingen

mag, so richtig und so wichtig ist er für die Astronomie, wie wir dies sogleich sehen werden.

XVIII. Der Lauf des Mondes verglichen mit dem Lauf einer Kanonenkugel.

Man kann durch eine sehr leichte Rechnung zeigen, mit welcher Kraft eine Kugel aus einer Kanone geschossen werden muß, um sie rings um die Erde herum zu treiben, sodaß die Kugel, wenn sie nach Osten abgeschossen worden ist, nach einiger Zeit von Westen her wieder an dem Ort, wo die Kanone steht, ankommt, etwa wie ein Reisender, der eine Reise um die Erde gemacht hat.

Diese Rechnung, die schon für Anfänger in der Mathematik sehr leicht ist, ergiebt, daß eine Kanone, die so stark geladen werden könnte, daß sie eine Kugel in der ersten Sekunde 8090 Meter weit treibt, ausreichen würde, diesen Versuch zu machen. Eine Kugel, mit solcher Kraft geschleudert, würde zwar nach einer Sekunde fünf Meter zur Erde herabgesunken sein; allein da die Erde selber auf eine Strecke von 8090 Meter eine Krümmung von fünf Metern hat, so würde die Kugel der Erde nicht näher gekommen sein als vorher, und sie würde nun weiter laufend stets in derselben Lage zur Erde bleiben, so daß sie endlich von der andern Seite her wieder am Ort anlangen könnte, wo sie abgeschossen wurde.

Denken wir uns z. B., in Fig. 8 sei *M* der Mittelpunkt der Erde, von *B* aus werde eine Kugel in der Richtung nach *D* abgeschossen, so würde also die Schleuderkraft nach einer Sekunde die Kugel bis *D*, die Anziehungskraft dagegen sie nach *E* treiben. Nach dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte wissen wir, daß sie in Wirklichkeit nach *C* gelangt. *C* ist aber

vom Erdmittelpunkt gerade so weit entfernt, wie *B*; scheinbar ist also die Kugel gar nicht gefallen. Daß sich die Kugel nun auch in den folgenden Zeiten nicht nähern wird, zeigt uns Fig. 9: Geht die Kugel von *A* aus und fliegt, statt nach *B* oder *C*, nach *D*, welches ebensoweit von *M* entfernt ist wie *A*, so werden die beiden Kräfte sie in der folgenden Sekunde nach *E* bezw. *F* treiben wollen, wobei in Wirklichkeit die Kugel nach *G* gelangt, welches *M* auch nicht näher ist, als *A* oder *D*. Man sieht nun leicht, daß dies Spiel so weiter fortgeht, bis die Kugel endlich einen Kreis durchflogen hat und wieder nach *A* zurückgelangt.

Da aber die Kugel auch hier nicht auf die Erde fallen würde, so würde sie ihren Lauf fortsetzen, und angenommen, daß sie kein anderes Hindernis fände, würde sie fortfahren, die Erde zu umkreisen und ganz und gar einen künstlichen Mond vorstellen, der um die Erde läuft. — Da endlich die Erde im Umfang 5400 Meilen beträgt, so würde, wie eine leichte Rechnung zeigt, die Kugel nicht wie der Mond 29 und einen halben Tag brauchen zu ihrem Rundlauf, sondern sie würde schon in einer Zeit von anderthalb Stunden etwa ihre Rundreise um die Erde vollendet haben.

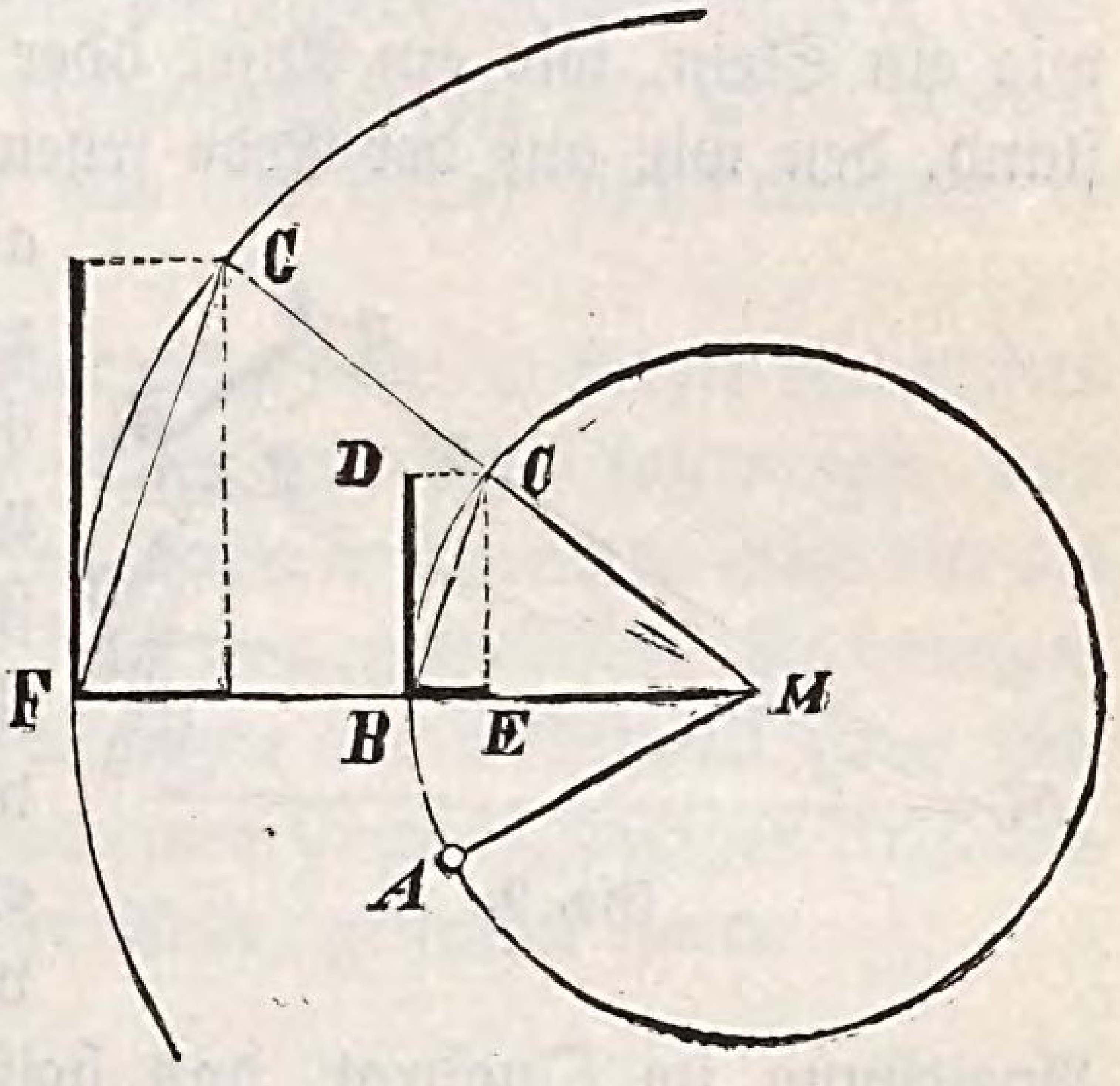


Fig. 8.

Wir brauchen nun freilich dem Leser nicht erst zu sagen, daß es eine solche Kanonenkugel nicht giebt. Die stärkste Kanone vermag eine Kugel höchstens 800 Meter weit in der ersten Sekunde zu schleudern. Denken wir uns aber diese

technischen Hindernisse fort, so würde eine mit so gewaltiger Kraft geschleuderte Kugel wirklich einen kleinen Mond vorstellen, der in anderthalb Stunden um die Erde läuft.

Und nun wird es wohl Jedem klar werden, was es eigentlich mit dem Lauf des Mondes um die Erde für eine Bewandtnis hat, und wie sehr nahe verwandt das Fallen eines Steines auf die Erde mit dem Lauf des Mondes und anderer Gestirne des Himmels ist.

Der Mond wird in Wahrheit von der Erde so angezogen wie ein Stein, wie ein Apfel oder wie sonst irgend ein Gegenstand, den wir auf der Erde sehen. Er wird nur viel schwächer als diese Gegenstände angezogen, denn der Mond ist 60 mal entfernter vom **Mittelpunkt** der Erde als die Gegenstände, die sich auf der Oberfläche der Erde befinden und wir wissen ja bereits, daß bei einer 60 maligen Entfernung vom Mittelpunkt der Erde die Anziehung im Quadrat, das heißt 60 mal 60, also 3600 mal schwächer wird.

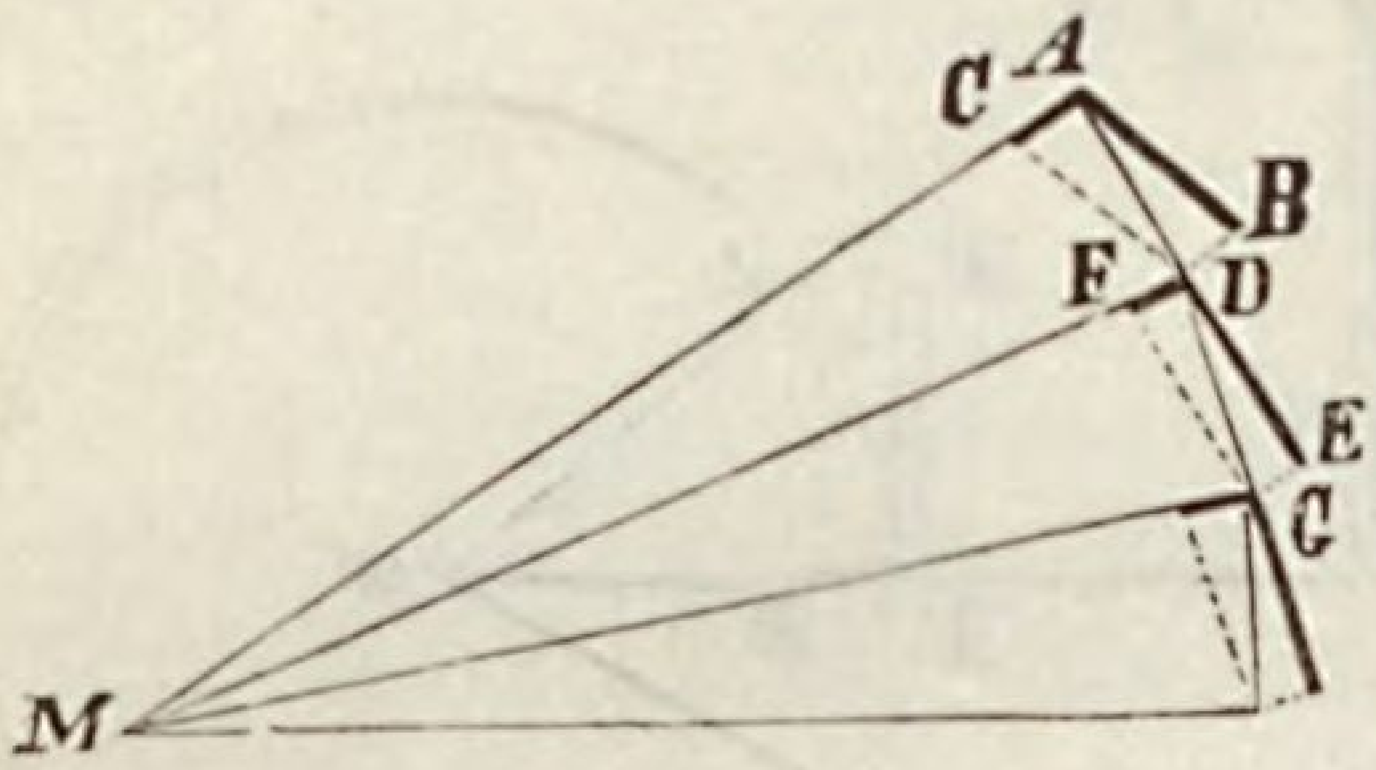


Fig. 9.

Würde eine allmächtige Hand den Mond in seinem Laufe aufhalten und ihn dann loslassen, so würde er sich nicht in seiner Bahn um die Erde fortbewegen, sondern er würde sich geradewegs zur Erde zu bewegen anfangen, von welcher er angezogen wird. In der ersten Sekunde würde er nicht fünf Meter auf seinem Wege zur Erde machen, sondern nur ein paar Millimeter; allein mit jeder Sekunde würde die Geschwindigkeit zunehmen, wie die Zahl der Sekunden mit sich selbst multipliziert und die Berechnung zeigt, daß der Mond in 8830 Sekunden, also in etwa drittehalb Stunden, auf die Erde stürzen würde, und zwar würde er mit einer solchen Geschwindigkeit an die Erde anprallen, daß er in der letzten Se-

kunde mehr als elf Meilen machen würde, und ohne Zweifel würde dieser Stoß genügen, um die Erde in Trümmer zu zerstoßen und alles auf ihr Existierende zu vernichten.

Weshalb aber fällt der Mond nicht zur Erde? — Weil der Mond eine eigene Bewegung hat, die, wenn sie allein wirkte, stark genug wäre, ihn in gerader Linien-Richtung an der Erde vorüber zu führen; die Anziehungskraft der Erde vermag ihn also nur gleich der Kanonenkugel, die wir um die Erde laufen ließen, von der geraden Linie abzulenken, und die Vereinigung der beiden Kräfte, die eigene Bewegungskraft des Mondes im Verein mit der Anziehungskraft der Erde bewirkt den Rundlauf des Mondes um die Erde, aus welchem er niemals abweichen kann.

Dies sind ungefähr die Gedanken, die im Kopfe Newtons sich entwickelten, als er den Apfel zur Erde fallen sah, und bis jetzt, nach über zweihundert Jahren, bewährte nicht nur die Beobachtung, sondern auch jede der genauesten Rechnungen und der vorzüglichsten Entdeckungen die Richtigkeit jener Gedanken, die der große Denker an einen so geringfügigen Umstand, wie den Fall eines Apfels zur Erde, geknüpft hatte.

XIX. Die Bewegungen und die Anziehungen der Gestirne.

Ganz dasselbe Verhältnis, welches zwischen Erde und Mond obwaltet, waltet auch zwischen der Sonne und der Erde ob. Die Erde wird von der Sonne ebenfalls angezogen und diese Anziehungskraft im Verein mit der eigenen Bewegung der Erde bringt es hervor, daß diese die Sonne in 365 Tagen und 6 Stunden umkreist. Dieselbe Anziehungskraft der Sonne ist es, die sämtliche sich bewegende Planeten zwingt, in Kreisen um die Sonne zu laufen; und weil wir eben diese Kreise und

die Zeit beobachten können, welche ein Planet braucht, um den Kreis zu vollenden, können wir auch mit großer Genauigkeit angeben, wie weit ab jeder Planet von der Sonne sich befindet.

Ja, wir wissen noch mehr, als man im ersten Augenblick für glaublich halten könnte. Aus dem Lauf eines Planeten um die Sonne schließt man mit vollster Sicherheit auf die Größe der Anziehungskraft der Sonne und wenn man diese Anziehungskraft kennt, so ergiebt eine leichte Rechnung auch ganz genau, wie groß der Fallraum auf der Oberfläche der Sonne ist.

Der Lauf, den die Erde um die Sonne macht, ist derart, daß die Erde sich in jeder Sekunde vier und eine halbe Meile fortbewegt. Mit dieser Geschwindigkeit würde die Erde an der Sonne auch vorübereilen und nie zu ihr zurückkehren, wenn die Sonne nicht eine Anziehungskraft auf sie ausübte. Infolge dieser Anziehung geht die Erde nicht in ihrem Lauf geradeaus, sondern ist genötigt im Kreis um die Sonne zu gehen, und zwar ist der Kreis derart, daß die Erde in jeder Sekunde etwas von der geraden Richtung ihres Laufes abweicht und so eine Krümmung macht, die im Verlauf von $365^1/_4$ Tagen zu einem Kreise wird. — Wenn aber die Sonne, welche 20 Millionen Meilen von der Erde entfernt ist, diese so anzieht, daß die Erde in einer Sekunde sich um einen bestimmten Wert der Sonne nähert, so ergiebt eine leichte Rechnung, daß an der Oberfläche der Sonne ein Stein in der Sekunde etwa 140 Meter fallen muß. Das heißt, wenn jemand auf der Sonne einen Turm besteigen würde und von diesem einen Stein fallen ließe, so würde der Stein, der hier auf der Erde in der ersten Sekunde 5 Meter tief fällt, dort auf der Sonne in einer Sekunde 140 Meter tief fallen.

In gleicher Weise wissen wir auch mit vollster Bestimmtheit, um wie viel ein Stein, der hier auf der Erde 1 Pfund

wiegt, wiegen würde, wenn man ihn auf die Oberfläche der Sonne brächte. Er würde fast 29mal schwerer sein als hier, denn an der Oberfläche der Sonne ist die Anziehungskraft der Sonne etwa 29mal stärker als die Anziehungskraft an der Oberfläche der Erde. — Unsere Füße würden uns nicht auf der Oberfläche der Sonne tragen können, denn sie sind gerade so stark, daß sie die Last unseres Körpers, der ziemlich $1\frac{1}{2}$ Zentner schwer ist, mit Leichtigkeit tragen können; würde ein menschliches Wesen aber auf die Sonne versetzt, so würde sein Körper 29mal schwerer werden, das heißt, er würde 40 Zentner wiegen; da aber dies keine Last ist, die wir tragen können, so würden wir unbedingt zu Boden stürzen. Da aber auch beim Liegen der unten liegende Teil den oberen zu tragen hat, so würden wir wahrscheinlich plattgedrückt werden, als ob eine Last von 40 Zentnern auf uns läge.

In ganz gleicher Weise kennt man die Fallhöhe auf allen andern Planeten, deren Anziehungskraft man durch den Umlauf ihrer Monde oder durch andere Umstände zu beobachten Gelegenheit hatte; so wissen wir z. B., daß ein Stein, der auf dem Planeten Jupiter von einem Turm fallen gelassen wird, in der ersten Sekunde nahe an 13 Meter fallen würde. Ein Mensch der Erde, auf den Jupiter versetzt, würde dort $3\frac{3}{4}$ Zentner schwer sein und sich mit derselben Beschwerde fortbewegen, wie jemand, der außer der Last seines Körpers noch zwei Zentner zu schleppen hat.

Dagegen hat man es auf den kleinen Planeten weit leichter. Eine Ballet-Tänzerin, die hier mit Anstrengung 1 Meter hohe Sprünge macht, würde auf dem kleinen Planeten Vesta wahrscheinlich mit gleicher Anstrengung sechsmal so hoch springen können, und während sie hier kaum ein drittel Sekunde in der Luft schwebt, würde sie sich dort an zwei Sekunden schwebend erhalten können; was, beiläufig gesagt, garnicht so wenig Zeit ausmacht, als man gewöhnlich glaubt.

Aber auch weiter über das Planetensystem hinaus gilt das Gesetz der Anziehung der Himmelskörper aufeinander. Die Fixsterne, von denen der nächste von dem Astronomen Bessel beobachtete an 13 Billionen Meilen von uns entfernt ist, werden gleichfalls durch das Gesetz der Anziehung beherrscht. In den Regionen des Himmels, die unser Auge im Dunkel der Nacht durchdringt, existieren Doppelsterne, das heißt: je zwei Sonnen, die sich um einander bewegen. Sie sind so entfernt von uns, daß die beiden Sonnen für das bloße Auge wie ein einziger Stern erscheinen, gleichwohl sind sie in Wirklichkeit viele Millionen Meilen von einander entfernt und sie beschreiben Kreise um einander, die ganz genau beweisen, daß das Gesetz der Anziehung, wie es hier auf Erden existiert, auch in jenen fernsten Welträumen Geltung hat, woher das Licht, das sich in einer Sekunde doch 40,000 Meilen bewegt, Jahrzehnte, ja Jahrhunderte und Jahrtausende braucht, um bis zu uns zu gelangen.

XX. Worin liegt die Kraft der Anziehung?

Wir haben bisher versucht, die Anziehungskraft, welche den Himmelskörpern eigen ist, im allgemeinen kennen zu lernen. Es entsteht nun aber die Frage, worin liegt diese Anziehungskraft? Besitzen die Himmelskörper eine Art von Magnet, der in ihrem Innern steckt, wie ein Kern in einer Hülle und gehört diese Kraft nur diesem an; oder liegt diese Kraft in dem Stoffe selber, der diese Himmelskörper bildet, so daß die Anziehung ein Ergebnis des Stoffes ist?

Die Antwort auf diese Frage ist nicht minder bestimmt und sicher, als die Gesetze der Anziehung es sind.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Erde und ebenso irgend ein Planet oder Fixstern ihre Anziehungskraft nicht

einem besonderen Körper verdanken, der etwa in ihnen steckt, sondern daß es nur Stoff selber ist, der die Anziehung ausübt.

Die Anziehungskraft, die wir jetzt betrachten, liegt in den Massen, in den Summen aller Atome eines Körpers.

Wenn die Erde eine starke Anziehungskraft besitzt, so besitzt sie diese nur deshalb, weil sie selber ein großer Haufen einzelner Atome, eine ungeheure Sammlung solcher kleinsten Teile ist, aus welchen alle Dinge der Welt bestehen. Es steckt also die Anziehungskraft nicht in einer besonderen Eigenschaft einzelner Atome, sondern in der Gesamtzahl aller Atome.

Hieraus folgt, daß die Sonne, deren Anziehungskraft viel größer ist als die der Erde, diese nur deshalb besitzt, weil sie an Masse größer ist; daß der Mond, der weniger Anziehungskraft hat als die Erde, nur darum schwächer anzieht, weil er weniger Atome besitzt als die Erde; und hieraus läßt sich der Schluß ziehen, daß jede Masse eine Anziehungskraft ausübt auf eine andere, und zwar je größer die Masse, desto größer ist die Anziehungskraft.

Diese Wahrheit erkannte schon der große Newton selber und da er wußte, daß die Masse eines Dinges von der Summe der Atome herrührt, die diese Masse bildet, so zog er den ganz richtigen Schluß, daß man aus der Anziehungskraft jedes Himmelskörpers auch seine Masse berechnen kann.

Neuere Untersuchungen haben diese Wahrheit nicht nur bestätigt, sondern haben auch den schlagendsten Beweis hiervon geführt, den man zu Newtons Zeiten noch nicht geben konnte. — Diese Beweise bestehen darin, daß man ein außerordentlich feines Instrument anwendet, um zu zeigen, daß nicht eben die Erde allein eine Anziehungskraft hat, sondern auch jeder beliebige Gegenstand, den wir auf der Erde sehen, und nur weil jeder Gegenstand auf der Erde bloß einen unendlich kleinen Teil der Masse der Erde bildet, nur darum ist seine Anziehungskraft so äußerst unbemerkbar und erst durch jenes höchst

empfindliche Instrument zu entdecken, das wir eben erwähnt haben.

Worin aber besteht dies Instrument?

Sicherlich werden Viele unserer Leser es nicht ahnen, daß dies wertvollste und feinste aller Instrumente so außerordentlich einfach ist, daß schon die Kinder damit spielen. Es ist ein Pendel.

Die menschliche Hand hat Wagschalen verfertigt, die so empfindlich sind, daß die eine Schale schon sinkt, wenn sich etwas mehr Staub auf sie legt als auf die andere. Ein noch empfindlicheres und bei weitem einfacheres Instrument aber ist das Pendel.

Was ein Pendel ist, weiß gewiß jedermann. Das Perpendikel einer Uhr ist z. B. ein Pendel. Ein Faden, an den man einen Stein anbindet und ihn hin- und herschwingen läßt, ist ein schwingendes Pendel; welch ein feines Instrument aber ein Pendel ist, ahnen nur wenige Menschen.

Wenn man ein aufgehängtes Pendel in Bewegung setzt, das heißt hin- und herschwingen läßt, so ist die Dauer einer Schwingung ein richtiges Maß für die Anziehung der Erde. Es folgt auf das Allergenaueste aus den Gesetzen des Falles, daß ein Pendel langsamer schwingen muß, wenn die Anziehungskraft der Erde abnimmt, und schneller schwingen wird, wenn die Masse der Erde zunehmen würde. Nun läßt sich zwar beim einmaligen Hin- und Herschwingen nicht mit Genauigkeit sagen, ob der Schwung ein bißchen schneller oder ein bißchen langsamer ist; aber wenn man ein solches Pendel von etwa 1 Meter Länge einen Tag lang hin- und herschwingen läßt und die Schwingungen zählt, so wird man aus der Zahl der Schwingungen sehr gut erkennen, ob es schneller oder langsamer schwingt. Hat man die Länge des Pendels z. B. genau so eingerichtet, daß es in jeder Sekunde einmal seine Schwingung machen muß, so wird es in einem Tage 86400 mal schwingen

müssen; macht es nun eine einzige Schwingung mehr oder weniger, so weiß man, daß es sich jede Sekunde um $^1/_{86400}$ zu schnell oder zu langsam bewegt hat.

Da kein Instrument in der Welt so unmerkbare Dinge anzuzeigen vermag, so hat man das Pendel mit Recht als das feinste Instrument in der Welt zu betrachten; und Versuche mit demselben haben bisher noch die sichersten Resultate der Wissenschaft geliefert, obgleich sich solchen Versuchen die größten Schwierigkeiten in wesentlichen Punkten entgegenstellen.

Der Pendel-Versuch ist es auch, der in neuester Zeit den vollen, unumstößlichen Beweis geliefert hat, daß alle Massen eine Anziehungskraft besitzen, und daß auch alle Massen der Anziehungskraft gleich unterworfen sind. Der Naturforscher Reichenbach zeigte durch Versuche, wie ein Pendel nicht nur von der Anziehungskraft der Erde in Schwingung erhalten wird, sondern auch jede an Masse hinreichend starke Kugel dies Kunststück verrichtet: und der Astronom Bessel, der Pendel aus allen möglichen Stoffen der Welt herstellte, gab den Beweis, daß alle Stoffe der Welt der Anziehung ganz gleich unterliegen.

XXI. Die Anziehungskraft und die Entstehung der Welt.

Blicken wir nun auf das Resultat der Versuche, die wir im vorhergehenden Abschnitt erwähnt haben, so geht aus ihnen Folgendes mit der vollsten Bestimmtheit hervor.

Jede Masse in der Welt besitzt eine Anziehungskraft auf andere Massen. Je größer die Masse ist, desto größer ist die Anziehungskraft, denn diese Anziehungskraft ist immer die Summe der Anziehungskräfte, die die Atome besitzen, welche die Masse bilden.

Eine Bleikugel z. B. besitzt eine Anziehungskraft und äußert auch diese merkbar auf eine geeignete Pendel-Vorrichtung. Eine zweimal so schwere Bleikugel besitzt eine zweimal so große Anziehungskraft, eine halb so große Bleikugel hat nur eine halb so große Anziehungskraft, der zehnte Teil der Bleikugel hat eine zehnmal schwächere Anziehungskraft und die Natur dieser Anziehung ist der Anziehungskraft der Erde ganz ähnlich, sie ist stark in der Nähe und nimmt quadratisch mit der Entfernung ab: sie verhält sich also ganz wie die Anziehung, welche man an den Himmelskörpern entdeckt hat. Die Bleikugel steht in dieser Beziehung der Sonne, den Fixsternen und allen Gestirnen des Himmels ganz gleich, und wirkt nur darum schwächer, weil sie, mit jenen gewaltigen Kugeln verglichen, an Masse so gering ist.

Über diese Thatsache herrscht nicht der allergeringste Zweifel; sie steht vielmehr so fest und unumstößlich da, wie nur irgend ein wissenschaftliches Resultat.

Ist dem aber so, so erweckt dies unser ernstliches Nachdenken und regt äußerst wichtige Fragen in uns an, die uns bis zu den Rätseln der unsichtbaren Kräfte oder den rätselhaften Eigenschaften der Atome führen.

Denken wir uns einmal einen ganz leeren Raum im Weltgebäude. Denken wir uns Sonne, Mond, Erde, Planeten, Kometen und Fixsterne ganz und gar fort und nehmen wir an, daß in diesem leeren Raume zwei kleine Atome existieren, die Millionen Meilen von einander entfernt sind, so wird zwischen diesen Atomen eine Anziehungskraft wirksam sein. Diese Anziehungskraft wird außerordentlich schwach sein, weil die Atome ganz außerordentlich gering an Masse sind. Durch die große Entfernung wird die schwache Anziehungskraft nur noch um Millionenmal Millionen schwächer wirken; gleichwohl aber steht es unumstößlich fest, daß die beiden Atome sich gegenseitig anziehen und wenn sie auch bisher vollständig geruht

haben, so werden sie anfangen, sich einander zu nähern, und dies werden sie so lange fortsetzen, bis nach vielen Millionen Jahren beide Atome vereinigt und eine einzige Masse geworden sind.

Existieren mehr als zwei solche Atome im Weltraum, so werden alle zu einander sich bewegen und sich an irgend einem Punkte treffen und vereinigen, und denken wir uns den Weltraum von Strecke zu Strecke erfüllt mit solchen Atomen, so werden an allen Punkten, wo sie einander etwas näher stehen, nach und nach sich ganze Massen bilden, und wenn ihre Zahl groß genug ist, so würden aus ihnen große Himmelskörper, Kugeln von ungeheurer Masse entstehen, wie wir sie jetzt in Sonne, Fixsternen, Planeten und Monden vor uns sehen.

Von einer solchen Vorstellung fühlt sich der menschliche Geist hingeleitet in die dunkelsten Zeiten der Entstehung der Welt und findet einen Gedankenfaden, der ihn zurückführt auf das unerforschliche Gebiet, wo das Dasein der Welt begonnen.

Freilich scheint es dem menschlichen Geiste nicht vergönnt zu sein, tief in jenes Dunkel hineinzublicken.

Gehen wir einmal zurück auf die Frage, wie die Welt oder richtiger wie die Himmelskörper, die den Weltraum erfüllen, entstanden sind, so ist eben nicht viel für unsern Wissensdrang dadurch gewonnen, wenn wir annehmen, daß sie vor ihrer Bildung als getrennte Atome existierten, welche durch die Gesetze der Anziehung sich zu Himmelskörpern vereinigt haben. Fragen wir einmal nach der Entstehung, so müssen wir auch nach der Entstehung der Atome fragen und wollten wir uns mit einer Art von Antwort irgendwie begnügen, so wird es stets rätselhaft bleiben, wie diese Atome zu der Eigenschaft gekommen sind, sich gegenseitig anzuziehen? — Wer sich in Beantwortung solcher Fragen nicht gern täuscht, der wird auch gestehen, daß die bisherigen Aufschlüsse der Naturwissenschaft nicht ausreichen, auf diese Fragen eine Antwort zu erteilen.

Es können solche Fragen auch nicht mehr in das Gebiet der strengen Naturwissenschaft gehören, sondern liegen über deren Grenze hinaus auf einem Gebiete, das man nur mit Vorsicht betreten darf, wenn man nicht irre wandeln will. Dies sind diejenigen Fragen, denen gegenüber Du Bois-Reymond sein berühmtes „Ignorabimus" (Wir werden es nie wissen) aussprach.

Gleichwohl aber ist es Naturwissenschaft, wenn sie so weit als möglich das Entstehen der Dinge auf naturgemäßem Wege erklärt und sich bestrebt für die Entwicklung der Welt keine übernatürlichen Kräfte anzunehmen; und wenn es zugegeben werden muß, daß die Wissenschaft imstande ist, sich die Entstehung der Himmelskörper aus zerstreuten Atomen im Weltraum vorzustellen, ja daß nach den Gesetzen der Naturwissenschaft diese Entstehung der Welten erfolgen müßte aus solchen Atomen, so ist dies immer ein Sieg der Wissenschaft.

XXII. Die Verschiedenheit ähnlicher Naturkräfte.

Kehren wir nunmehr wieder zurück zu unserem Hauptthema: der Kraft der Anziehung!

Die Atome eines und desselben festen Körpers halten sich mit einer gewissen Kraft fest, und wir stellen uns diese Kraft als eine Anziehung vor.

Gleichwohl hat diese Anziehung ihre Grenzen. Diese Anziehung ist vollständig unterbrochen, wenn man gewaltsam das feste Stück auseinander bricht. Man sollte glauben, daß die Anziehungskraft der Atome ausreichen müßte, ein Stück Eisen, das man zerbrochen hat, wieder zu einem Ganzen werden zu lassen, wenn man die Bruchteile an einander preßt. Allein dies ist nicht der Fall, und man erklärt dies dadurch, daß diese Anziehung zwischen Atom und Atom nur herrscht,

wenn sie außerordentlich nahe an einander liegen, daß aber ein noch so starker Druck nicht hinreiche, die von einander gerissenen Atome wieder so nahe an einander zu bringen, daß die Anziehungskraft wirksam werde.

Allein diese Erklärung hat wieder viel Unerklärliches an sich. Man sollte zwar glauben, daß dieselbe Kraft, welche hingereicht hat, ein Stück Eisen auseinander zu reißen, auch imstande sein müsse, die Bruchteile wieder an einander zu pressen, damit ein Atom des einen Stückes dem des anderen nahe genug kommt, um die Anziehung zu bewirken. Dem ist jedoch nicht so.

Auffallend ist es, daß frische Schnittflächen in Blei und noch besser in Gummi-Elastikum durch Druck wieder vereinigt werden können, und zwar nicht so, wie etwa zwei glatte Flächen überhaupt an einander haften, sondern es findet eine so vollständige Vereinigung bei gehörigem Drucke statt, daß zwei Stücke zu Einem werden.

Wenn wir hiernach annehmen müssen, daß in den überwiegend meisten Stoffen die Atome, wenn sie einmal einander losgelassen haben, nicht wieder leicht die Anziehung auf einander ausüben, so ist es mit der zweiten Art von Anziehung, mit der Anziehung der Massen aus der Ferne ganz anders. Diese Art von Anziehung nimmt in der Nähe zu und mit der Entfernung ab; aber sie wird nicht im geringsten gestört durch abwechselndes Nähern oder Entfernen, und bleibt in ihrem Wesen ganz gleich, wenn man auch die Anziehung noch so oft durch Entfernen der angezogenen Körper gestört hat.

Zwar kann man Versuche derart nicht leicht anstellen, aber die Natur selber wiederholt diesen Versuch allmonatlich mit der Anziehungskraft der Erde, indem der Mond nicht in einer völlig kreisrunden, sondern in einer Art länglichrunden Bahn, einer „Ellipse", um die Erde läuft, bei welcher er der Erde regelmäßig bald etwas näher, bald etwas entfernter ist;

und obwohl diese Annäherung und Entfernung seit Jahrtausenden abwechselnd stattfindet, hat es der Anziehungskraft der Erde auf den Mond keinen Eintrag gethan und die Natur dieser Kraft ganz unverändert gelassen.

Der wesentlichste Unterschied zwischen den beiden Arten der Anziehung liegt ferner darin, daß neben der Anziehung der Atome eines und desselben Stückes eine Abstoßung stattfindet. Drückt man ein Stück Eisen, so schieben sich die Atome an einander, und es wird kleiner: hebt man aber den Druck auf, so dehnt sich das Stück Eisen wieder in seine frühere Gestalt zurück. Dies können wir uns nicht anders als durch die Abstoßungskraft der Atome erklären, die zugleich neben der Anziehungskraft herrscht und die beide zusammen stets die Lage der Atome regulieren, so daß bei einer sich selbst überlassenen Masse die beiden Kräfte im Gleichgewicht sind.

Dahingegen hat man bei der zweiten Art der Anziehung, bei der Anziehung der Massen, vergebens irgend welche Erscheinung der Abstoßung gesucht. Unter den vielen Tausend Himmelserscheinungen und den Bewegungen der Himmelskörper scheint außer der Kraft der eigenen Bewegung nur die Anziehung der Massen auf einander zu wirken, wenigstens hat diese Annahme ausgereicht, nicht nur sämtliche Erscheinungen zu erklären, sondern auch aus den Wirkungen dieser Art, die bisher nicht gesehene Himmelskörper ausgeübt hatten, die Existenz dieser Himmelskörper zu beweisen und ihre Entdeckung zu befördern.

Endlich zeigt sich noch der wesentliche Unterschied, daß die Anziehung der Atome in festen Stoffen durch die Wärme nicht nur verändert wird, sondern sogar so vollständig aufgehoben werden kann, daß die Atome sich in Gas verwandeln und als solche sich von einander so weit, als es ihnen nur der Raum gestattet, entfernen, daß also durch die Wärme die Anziehungskraft vollständig verloren geht und die Abstoßungskraft allein

übrig bleibt. Bei der Anziehungskraft der Massen auf einander ist jedoch solch' eine Veränderung durch die Wärme nicht merkbar. — Man hat nicht nur in der Anziehungskraft der Erde auf das Pendel keinen Unterschied zwischen Sommer und Winter, Tag und Nacht, zwischen hellem Sonnenschein und Sonnenfinsternissen gefunden, sondern auch die Nähe der Erde zur Sonne oder deren Entfernung hat einen Unterschied der Anziehung der Erde nicht merkbar gemacht.

Sehen wir so diese scheinbar einheitliche Kraft der Anziehung unter Umständen so wesentlich verändert, so wollen wir nunmehr die anderen Arten der Anziehung kennen lernen, die in ihrem Wesen nicht minder verschieden und nicht minder wunderbar als die bisherigen sind.

XXIII. Die Kraft des Magneten.

Durch nichts in der Welt kann man die Erscheinung der Anziehung so leicht Allen vorzeigen als durch einen Magneten. Selbst Menschen, die sonst Naturkräfte wie Märchen ansehen, werden durch diese Versuche, die sie selber an einem Magneten anstellen können, eines Besseren belehrt und durch Thatsachen angeregt, ihr ernstlicheres Nachdenken auf die wunderbaren Erscheinungen zu richten. Am besten eignet sich dazu ein „Hufeisenmagnet", den man schon für zehn Pfennig käuflich erhalten kann.

Wir wollen eine Reihe solcher Versuche, die Jeder mit Leichtigkeit selber anstellen kann, hier aufführen.

Auf sehr verschiedene Weise ist man jetzt imstande, eine Stahlnadel magnetisch zu machen. Wenn man eine stählerne, gewöhnliche Stricknadel mit einem Magnetstein, wie solche in der Erde gefunden werden, bestreicht, so wird die Stricknadel in einen Magneten verwandelt. Ein gewöhnlicher Magnet, wie man ihn in den Eisenhandlungen kaufen kann, versteht eben-

falls dieses Kunststück. Bestreicht man mit ihm eine Stricknadel, so wird sie gleichfalls magnetisch. Mit noch größerem Erfolge kann man solche Stricknadel in einen Magneten verwandeln, wenn man sie an einem Elektromagneten, von dem wir später sprechen werden, streicht. Endlich erhält auch Eisen magnetische Eigenschaften durch Feilen.

Legt man eine magnetisierte Stricknadel auf den Tisch und hält eine Nähnadel in die Nähe, so wird man bemerken, daß hier eine Anziehung stattfindet. Magnet und Eisen ziehen sich gegenseitig und schon in einer gewissen Entfernung an, bis sie sich berühren. Hat die Berührung stattgefunden, so halten Magnet und Eisen fest zusammen, so daß es eine gewisse Kraft erfordert, sie auseinander zu reißen.

Da eine magnetisierte Stricknadel in Wahrheit ein Magnet ist, so wollen wir ihr nunmehr immer diesen Namen geben und in allen Fällen unter Magnet einen geraden magnetischen Stahlstab bezeichnen, während wir einen gewöhnlichen gebogenen Magneten einen Hufeisen-Magneten nennen wollen.

Legt man einen Magneten in Eisenfeile, wie man sie in jeder Schlosserei oder Schmiede erhalten kann, so sieht man so recht, wo die Kraft des Magneten am stärksten ist. Die kleinen Stückchen Eisenfeile heften sich an den Magneten an und bilden einen ordentlichen Bart an demselben. Beobachtet man diesen Bart, so nimmt man wahr, daß er in der Mitte der Nadel ganz und garnicht vorhanden ist, dahingegen immer stärker und stärker wird nach den Enden zu, bis endlich an beiden Enden des Magneten die kleinen Eisenstückchen nicht nur am Magnete, sondern auch fadenweise an einander haften und ordentlich borstenartig aus einander gehen.

Da offenbar dort die magnetische Kraft am stärksten ist, wo sich die meisten Eisenfeil-Spänchen ansetzen, so wird es Jeder einsehen, daß die Enden eines Magneten die stärkste magnetische Kraft besitzen.

Streifen wir einmal mit den Fingern die Eisenfeil-Späne ab und besehen uns den Magneten, so finden wir, daß durch das Auge nicht die Spur zu entdecken ist, worin diese Kraft des Magneten besteht. Der Magnet verrät an sich keinem unserer fünf Sinne irgend etwas, daß er eine solche Eigenschaft besitzt. Er übt auch keine leicht merkbare Anziehung auf irgend einen Stoff sonst aus; nur wenn man ihn an Eisen bringt, da tritt mit einem Male diese Kraft hervor und überzeugt uns, daß die Dinge in der Welt Eigenschaften haben können, von denen wir keine Ahnung haben, so lange wir nicht durch Thatsachen davon belehrt werden.

An unserm Magneten kennen wir nun solche Eigenschaften, die kein Mensch herauszufinden imstande ist, und wenn er denselben noch so emsig untersuchen wollte. An Gewicht, an Farbe und an Ansehen, oder sonst durch irgendwelche Merkzeichen unterscheidet sich die magnetisierte Stricknadel nicht im geringsten von der nicht magnetisierten; und doch ist die magnetisierte Stricknadel etwas anderes, ja sie ist in ihren einzelnen Teilen ganz eigentümlich, denn ihre Mitte ist nicht magnetisch, während ihre Enden magnetisch sind.

So wunderbar dies ist, so ist dies doch noch gar wenig von den Wundern der magnetischen Erscheinung, wie man sich durch weitere Versuche sofort überzeugen kann.

Man lege ein paar Nähnadeln auf ein Blatt Papier und berühre mit dem einen Ende des Magneten die eine, so wird sie sofort am Magnete angeheftet sein. Berührt man aber mit dieser Nähnadel die zweite Nähnadel, so sieht man, daß auch diese angezogen und mit einiger Behutsamkeit sogar in die Höhe gehoben werden kann. Ist der Magnet stark genug, so kann man an die zweite Nähnadel noch eine dritte, an diese noch eine vierte anhängen u. s. w.

Man sollte nun glauben, daß der Magnet es ist, der sie alle trägt, der etwa so stark ist, daß er die dritte und vierte

Nadel in seiner Nähe festhält. Aber dem ist nicht so. Nimmt man nämlich die erste Nähnadel auch nur ein wenig vom Magnete herab, so fallen augenblicklich alle übrigen Nähnadeln auseinander, obgleich die zweite Nähnadel dem Magnete jetzt immer noch näher ist als vorher die dritte und vierte.

Es geht in der That etwas Eigentümliches mit den Nähnadeln vor, das wir noch kennen lernen werden, vorerst aber haben wir noch einige Versuche anzustellen.

XXIV. Weitere Versuche mit einem Magneten.

Man lege einen Magnet unter ein großes Blatt Papier und streue mit einer gewöhnlichen Streusandbüchse Eisenfeilspäne auf das Blatt. Man wird sofort eine eigentümliche Lagerung der Eisenteilchen wahrnehmen, die merkwürdig regelmäßige Strahlen um die beiden Hälften des Magneten bilden. Klopft man hierauf ein wenig mit dem Finger auf das Blatt, so findet die Bewegung noch regelmäßiger statt und man erhält oft ein überraschend schönes, regelmäßiges Bild, das Jedem, der es zum erstenmal sieht, gewiß viel Vergnügen machen wird.

Da es Niemandem, der sich dafür interessiert, schwer werden kann, diesen Versuch zu machen, und da er bei einiger Übung vollkommen gelingt, so wollen wir uns mit Beschreibung desselben nicht aufhalten und wollen nur Folgendes zur näheren Belehrung hinzufügen.

Man sieht, wie von der Mitte des Magneten aus nach jedem Ende hin die Eisenteilchen sich eigentümlich lagern. Man muß aber hierbei nicht vergessen, daß wir auf dem Papier nur eine Fläche vor uns haben, auf welcher die Eisenteilchen liegen; wir sehen also die Wirkung des Magneten nur in einer einzigen Ebene und hier nimmt sich das Bild auf jeder Hälfte

aus wie eine Pfaufeder. Würde man imstande sein, den Magneten zu beobachten, wenn er ringsum mit solchen Eisenfeilspänen umgeben wird, so würde er die Eisenteilchen so um sich lagern, daß sie wie ein voller Federbusch erscheinen.

Wir würden nun gern zur Erklärung auch dieser Erscheinung schreiten, wir haben aber noch eine ganze Reihe von Versuchen mit dem Magneten anzustellen.

Wir haben gesehen, daß der Magnet, der unter dem Blatt Papier lag, eine eigene Art Anziehung auf die Eisenteilchen äußert, die auf dem Papier liegen. Man muß nicht glauben, daß es nur mit Papier so geht, welches nicht dicht genug ist, und vielleicht durch seine feinen, unsichtbaren Löcherchen, feine Poren, die Wirkung des Magneten durchläßt, sondern man kann sich durch viele Versuche mit starken Magneten überzeugen, daß sie durch sehr dichte und starke Massen hindurch auf Eisen wirken, so daß eine eiserne Kugel auf der Tischplatte hin und her läuft, wenn man unter derselben einen starken Magneten hin und her bewegt. Manche Taschenspieler-Künste beruhen auf solcher Anwendung eines Magneten, dessen Kraft der Anziehung nicht gestört wird, wenn er auch durch viele kompakte Gegenstände vom Eisen getrennt ist.

Nunmehr aber wollen wir einen neuen Versuch machen!

Wenn man genau in der Mitte des Magneten einen Faden anbindet, so daß er wagerecht an demselben schwebt, dann hat man ein Schauspiel ganz eigener Art.

Sobald man den Faden irgendwo anhängt, so daß die Magnetnadel sich beliebig wie der Zeiger einer Uhr nach allen Richtungen hin drehen kann, dann wird man bald bemerken, daß die Magnetnadel anfängt, sich hin und her zu drehen und endlich wird sie in einer gewissen Richtung stehen bleiben. Stößt man die Nadel an, so wird sie hin und her schwanken und endlich wieder in derselben Richtung stehen bleiben wie vorher. Man mag das so oft wiederholen, wie man will,

man mag die Nadel nach einer beliebigen anderen Richtung hinstellen, sie wird immer, sobald man sie frei läßt, zurückkehren in ihre frühere Stellung und in dieser ruhig verharren.

Merkt man sich die Himmelsgegend, nach welcher die zwei Enden der Nadel hinzeigen, so nimmt man wahr, daß die eine Seite der Nadel regelmäßig nach Norden, die andere nach Süden zeigt. Diese Stellung der Nadel ist so weit regelmäßig, daß man in finsterer Nacht, in einem Walde, auf dem Meere oder in einer Wüste, wo man nicht weiß, wohin man sich zu wenden hat, wenn man nach einer bestimmten Himmelsgegend reisen will, nur eine solche Nadel braucht, um sofort zu sehen, wo Norden und wo Süden ist. Der Kompaß, der in der Schifffahrt eine so wichtige Rolle spielt, ist nichts anderes, als eine solche Nadel.

Freilich muß man sich zu diesem Zweck die beiden Enden der Nadel genau bezeichnen, damit man sie nicht verwechsele, und thut man das, drückt man z. B. an die eine Seite der Nadel ein Stückchen Wachs, so wird man wahrnehmen, daß ein bedeutender Unterschied zwischen den beiden Enden der Nadel stattfindet, daß das eine Ende immer nach Norden und das andere immer nach Süden zeigt, und wenn man sie umkehrt, sie sich beide wieder zurückbewegen, bis sie in ihrer früheren Lage ruhen können.

Nehmen wir an, man hätte sich das eine Ende, das nach Norden zeigt, mit einem angeklebten Stückchen Wachs genau bezeichnet, so würden wir wissen, daß dies stets das nördliche Ende des Magneten, das andere das südliche Ende ist. Man nennt die Enden der Nadel die Pole derselben und bezeichnet daher das eine Ende, das nach Norden zeigt, mit dem Namen Nordpol, das andere Ende, das nach Süden zeigt, mit dem Namen Südpol.

Und nun, da wir so weit sind, wollen wir die auffallenden Erscheinungen, die diese Pole darbieten, näher kennen lernen.

XXV. Was es mit den zwei Polen der Magnete für Bewandtnis hat.

Der interessanteste Versuch, den man nunmehr anstellen kann, ist folgender:

Man nehme eine zweite stählerne Stricknadel, die keine Spur von magnetischer Kraft besitzt, fasse sie in der Mitte und streiche über die eine Hälfte derselben mit irgend einer Seite der Magnetnadel oftmals hin. Wenn man dieses Bestreichen, — wobei man am besten verfährt, wenn man nur nach einer Richtung streicht, etwa so wie man Rübchen schabt — wenn man solches Bestreichen lange fortgesetzt hat, so findet es sich, daß die frühere unmagnetische Nadel auch magnetisch geworden ist. Und wunderbar: nicht nur etwa die Seite, die man bestrichen hat, ist magnetisch geworden, sondern auch die andere Hälfte, die man nicht bestrichen hat!

Es gelingt zuweilen, die zweite Stricknadel eben so magnetisch zu machen, wie die erste. Nun sollte man glauben, daß die erste etwas von ihrem Magnetismus verloren, indem sie ihn gewissermaßen an die zweite abgegeben hat; aber dem ist nicht so. Oft verstärkt sich gerade noch die Kraft der ersten Nadel; jedenfalls jedoch schwächt sie sich dadurch nicht ab.

Nunmehr besitzen wir zwei Magnetnadeln, und wenn man die zweite Nadel abgesondert ebenso aufhängt, wie man es mit der ersten gemacht hat, so wird man finden, daß auch die zweite Nadel das eine Ende stets nach Norden, das andere nach Süden stellt, daß sie also gleichfalls einen Nordpol und einen Südpol besitzt.

Damit man die Pole nicht verwechsele, bezeichne man sich auch den Nordpol dieser zweiten Nadel in beliebiger Weise. Und nun versuche man einmal Folgendes:

Man lasse eine der Nadeln wieder in der Mitte aufge-

hängt an einem Faden schweben, und warte ab, bis sie sich in Ruhe befindet. Nun nähere man dem einen Pol ein Stückchen Eisen, so wird er sofort seine Ruhe verlassen und nach dem Eisen zu eilen. Aber vollkommen anders stellt sich die Sache heraus, wenn man der aufgehängten Magnetnadel die andere Magnetnadel nähert. So wie man mit dem Nordpol der einen Nadel in der Hand sich dem Nordpol der aufgehängten Nadel nähert, so zieht sich dieser zurück, wendet sich ab, läuft davon, so daß man ihn im Kreise herumjagen kann. Der Nordpol der einen Nadel flieht den Nordpol der andern Nadel, oder richtiger der Nordpol der einen Nadel stößt den Nordpol der andern Nadel ab.

Wartet man ab, bis die aufgehängte Nadel wieder in Ruhe ist und versucht es, den Südpol der einen Nadel in der Hand dem Nordpol der aufgehängten Nadel zu nähern, so findet keine Abstoßung statt, im Gegenteil, der Südpol der einen Nadel zieht den Nordpol der andern mit stärkerer Kraft an als gewöhnliches Eisen.

Also der Nordpol einer Nadel wird vom Südpol einer andern Nadel angezogen; dahingegen wird der Nordpol einer Nadel vom Nordpol einer andern Nadel abgestoßen.

Versucht man es mit dem Südpol der aufgehängten Nadel, so zeigt er eine gleiche Eigentümlichkeit. Bringt man den Nordpol einer zweiten Nadel in seine Nähe, so wird derselbe angezogen. Bringt man aber den Südpol einem zweiten Südpol nahe, so wird er abgestoßen.

Es verlohnt sich für Jeden, der dies noch niemals gesehen hat, daß er den Versuch anstellt, denn er ist leicht und mit sehr wenig Kosten verknüpft und bringt in sprechender Weise eine merkwürdige Erscheinung vor Augen, die dem weisesten Manne den Stoff zu den tiefsten Gedanken giebt.

So sehen wir denn in jedem Magneten eine Art Trennung des Magnetismus, eine Teilung in Nord- und Südpol und

eine gewisse Feindschaft zwischen gleichen Polen, denn sie stoßen sich gegenseitig ab.

Wie aber soll man sich all diese Rätsel erklären?

Wir wollen recht bald zu der Erklärung dieser geheimen Naturkraft zu kommen versuchen; vorerst aber wollen wir noch einen Versuch machen.

Die Stricknadeln haben nur auf der einen Seite einen Nordpol und auf der andern einen Südpol. Wie ist es denn, wenn man eine Stricknadel in der Mitte durchbricht? Sollte man da nicht zwei Magnete erhalten, von denen der eine ein reiner Nordpol, der andere ein reiner Südpol ist?

XXVI. Was mit einem Magneten geschieht, der in der Mitte durchgebrochen wird.

Wer den Versuch gemacht und eine Magnetnadel in der Mitte durchgebrochen hat, der wird bei der Untersuchung der zwei Stücke finden, daß jedes derselben ein Magnet für sich ist, und zwar ein Magnet mit einem Nordpol und einem Südpol zu beiden Enden, und einer Mitte, die ganz unmagnetisch ist.

Man bedenke nur, was hier vorgegangen ist. Die ganze Nadel war früher so beschaffen, daß sie an der einen Seite einen Nordpol, an der andern Seite einen Südpol hatte, während die Mitte unmagnetisch war. Man sollte nun meinen, daß nach dem Durchbrechen der Nadel in ihrer unmagnetischen Mitte jedes der abgebrochenen Stücke nur auf einer Seite magnetisch sein könne, während das andere Ende, wo der Bruch geschah, unmagnetisch bleiben müsse. Das ist nicht der Fall. Das Ende, wo der Bruch ist, wird plötzlich eben so stark magnetisch wie das andere Ende. Man hat durch das Zerbrechen des Magneten nicht zwei halbe Magnete, sondern zwei

neue vollständige Magnete, die nur halb so groß sind als der ganze war.

Und untersucht man die Enden der beiden neuen Magnete, so findet man, daß das Ende, das ehedem Nordpol war, auch jetzt noch Nordpol ist, dafür aber ist die zerbrochene Mitte, die früher ganz unmagnetisch war, Südpol geworden, während umgekehrt das Ende, das früher Südpol war, auch jetzt Südpol blieb, das Ende dagegen, wo der Bruch geschah, plötzlich ein Nordpol geworden ist.

Wie aber steht es um die Mitte der beiden neuen Magnetnadeln? Man versuche es wieder mit Eisenfeil-Spänen, und man wird finden, daß ihre Mitte ebenso plötzlich unmagnetisch geworden ist, obwohl diese zwei Stellen an der unzerbrochenen Nadel magnetisch waren. Man lege einmal wieder die beiden Bruchstücke dicht aneinander, so daß die beiden Nadeln wie eine ganze Nadel aussehen, und man wird finden, daß ihre magnetische Kraft wieder so geworden ist, wie vor dem Zerbrechen. Die Mitte, wo der Bruch ist, ist wieder plötzlich unmagnetisch geworden, und die beiden Punkte, die früher die Mitte beider Nadeln bildeten, haben wieder ihren Magnetismus. Zieht man wieder beide Nadelstücke auseinander, so hat sich wieder im Moment der Magnetismus verschoben und jede Nadel ist wieder ein vollständiger besonderer Magnet mit zwei Polen und einer unmagnetischen Mitte.

Was aber soll man sich von all' den wunderbaren Erscheinungen denken? Wie soll man sich all die Rätsel erklären? Wie vermag man dieser geheimen Naturkraft auf die Spur zu kommen?

Wir wollen diese Fragen beantworten, soweit eben die Naturwissenschaft jetzt eine Antwort geben kann und wir hoffen hierbei, daß uns die Leser in der Verständigung über diese Rätsel durch eigenes Nachdenken entgegenkommen werden.

Vor allem aber wollen wir das hervorheben, was die Thatsachen ganz unleugbar feststellen

Durch die beschriebenen Thatsachen belehrt, kann kein Mensch verkennen, daß hier eine Kraft wirksam ist, eine Kraft, deren Wirkung man sieht, ohne die Kraft selber wahrnehmen zu können. Diese Kraft ist eine Kraft der Anziehung und unter gewissen Fällen eine Kraft der Abstoßung. Sie ist in der Magnetnadel verborgen und tritt, so lange man ihr kein Eisen nahe bringt, scheinbar nicht hervor, giebt sich aber in ihrer Einwirkung auf Eisen vollständig kund.

Untersucht man die Kraft der Anziehung und die der Abstoßung, so findet man, daß auch diese Kraft mit der Entfernung abnimmt und zwar ganz wie die Kraft der Anziehung der Massen; sie nimmt quadratisch mit der Entfernung ab, das heißt beispielsweise: ein Stück Eisen, das zwei Zoll weit vom Magneten liegt, wird viermal schwächer angezogen als ein anderes Stück, das nur einen Zoll weit sich vom Magneten befindet.

Zwei Arten der Anziehungskraft haben wir bereits kennen gelernt. Erstens die Anziehungskraft der Atome in jedem Körper und zweitens die Anziehungskraft der Massen auf entfernte andere Massen. Diese zwei Arten der Anziehungskraft unterscheiden sich, wie wir bereits gesehen haben, in wesentlichen Punkten. Während die Anziehungskraft der Atome in einer höchst wunderbaren Weise mit einer Abstoßungskraft gepaart ist, findet bei der Massenanziehung keine Abstoßung statt. Ferner wirkt die Wärme außerordentlich stark auf die Anziehungskraft der Atome ein, während sie auf die Massenanziehung ohne Einfluß ist.

Jetzt, wo wir eine dritte Anziehung kennen lernen, die magnetische Anziehung, sehen wir in ihr gewissermaßen beide früheren Kräfte in diesen Punkten vereinigt. Wir sehen hier Anziehung aus der Ferne, zugleich nehmen wir wahr, daß hier

eine Abstoßungskraft thätig ist und endlich haben Versuche gezeigt, daß eine Erwärmung eines Magneten bis zu einem gewissen Grade die magnetische Kraft aufhebt, so daß ein Magnet, wenn er geglüht wird, alle seine Eigenschaften einbüßt.

Nach diesen allgemeinen vergleichenden Betrachtungen wollen wir der Lehre von dem Geheimnis des Magnetismus etwas näher zu kommen suchen.

XXVII. Eine Erklärung der magnetischen Erscheinungen.

Versuchen wir nunmehr, eine Erklärung der bisherigen Erscheinungen des Magnetismus vorzuführen, so weit die Wissenschaft diese Erklärung zu geben vermochte!

Offenbar steckt in einer eisernen oder in einer Stahlnadel, die zu einem Magneten werden kann, und ebenso in Eisen und Stahl überhaupt etwas Verborgenes, das nicht sichtbar wird und das sich erst äußert, wenn das Eisen mit einem Magneten in Berührung gebracht oder gar mit diesem bestrichen wird.

Bedenkt man, daß der erste Magnet nichts von seiner Kraft verliert, wenn man mit demselben ein anderes Eisen zum Magneten macht, so kann man nicht annehmen, daß die magnetische Kraft sich dem zweiten Eisen mitgeteilt hat, sondern man muß sich vorstellen, daß die eine vorhandene magnetische Kraft eine andere im Eisen verborgene, schlummernde geweckt habe.

Das ist freilich wunderbar, ja es klingt fast wie eine Fabel; aber wir finden in der Natur ähnliche Wunder in nicht geringer Zahl, und hören auf uns zu wundern, wenn wir die Dinge nur oft genug vor Augen sehen. Ein wenig gährende Flüssigkeit versetzt eine große Masse anderer Flüssigkeit in Gährung, das kleinste Tröpfchen Pockengift erzeugt im menschlichen Körper eine Unmasse von Pocken, die gleiches Gift in sich

haben. Wir sagen: das ist Ansteckung und glaubten früher durch dieses Wort den Vorgang erklärt; die Wissenschaft aber gestand gerne ein, daß dies Wort selber noch der Erklärung bedurfte und sie ist schließlich durch die Erkenntnis gefunden worden, daß das ansteckende Mittel aus winzigen Pflanzen (Bakterien), die sich schnell ins Ungeheuerliche vermehren, besteht. — Will man sich nun beim Magnetismus mit einem Wort begnügen, nun so mag man, wenn man will, sagen, es gehe im ersten Moment, wo der Magnet das Eisen berührt, ein Prozeß der Ansteckung vor, wodurch das Eisen gleichfalls magnetisch wird. Durch Streichen wird die Ansteckung noch vollständiger.

Eine weitere Beobachtung zeigt uns indessen, daß wir dem Geheimnis des Magnetismus noch etwas näher auf die Spur zu kommen imstande sind.

Man versuche es einmal, von dem Nordpol-Ende einer Nadel ein Stückchen abzubrechen, und man wird sehen, daß das Stückchen auch ein vollständiger Magnet ist, der am Bruch einen Südpol hat. Ja, man kann eine Magnetnadel in tausend kleine Stücke zerbrechen und jedes Stückchen wird ein vollständiger Magnet sein, und zwar: mit Nordpol, Südpol und unmagnetischer Mitte.

Man muß sich also denken, daß das Eisen der Stricknadel nur aus einzelnen Atomen besteht, und muß sich zur Erklärung der magnetischen Erscheinungen vorstellen, daß in jedem Atom für sich eine Trennung des Magnetismus vor sich geht, so daß aus jedem Atom ein kleiner Magnet mit Nord- und mit Südpol entsteht.

So sonderbar diese Vorstellung auch scheinen mag, so außerordentliche Wichtigkeit erlangt sie doch, wenn man bedenkt, daß sie ausreicht, alle Rätsel der magnetischen Erscheinungen, die wir angeführt haben, zu lösen. Und daß dies der Fall ist, wollen wir sogleich zeigen.

XXVIII. Was in einer Nadel vorgeht, die man magnetisiert.

Man wird sich am leichtesten eine richtige Vorstellung machen von dem, was in einem Eisen vorgeht, welches zum Magneten umgewandelt wird, wenn man sich folgendes denkt.

Man nehme an, daß wir eine äußerst feine Nadel von der Größe einer Stricknadel vor uns haben; aber die Nadel sei so außerordentlich dünn, daß sie nur aus einer einzigen Reihe aneinanderliegender Atome des Eisens gebildet wird. In der Wirklichkeit giebt es eine so feine Nadel nicht, aber wir wollen sie uns einmal des leichten Verständnisses halber so denken.

Wir wollen ferner einmal annehmen, es gäbe zwei Arten von magnetischen Stoffen, einen Nord-Magnetismus und einen Süd-Magnetismus. Wenn gleich von vornherein betont werden mag, daß diese Annahme unrichtig ist, so wollen wir sie doch ein Weilchen beibehalten, da sie die Vorstellung wesentlich erleichtert.

In einer Nadel liegen also der Reihe nach Atom an Atom einzeln an einander, jedes Atom ist unmagnetisches Eisen und alle zusammen bringen demnach keine magnetische Wirkung hervor. Ein jedes Atom aber für sich hält in sich und um sich — nehmen wir an — beide Arten magnetischen Stoffes verschlossen. In solchem Falle der Vereinigung beider verschiedenartiger magnetischer Stoffe ist der Magnetismus ruhend und äußert keine Art von Anziehung auf anderes Eisen.

Nunmehr aber wollen wir uns denken, daß man ein Ende dieser Nadel mit dem Pol eines Magneten berührt, und uns hierbei fragen, was in der Nadel vorgehen wird.

Nehmen wir an, daß der Pol des Magneten der Nordpol sei, so wird er bei der Berührung des ersten Atoms der Nadel in diesem Atom beide magnetische Stoffe vorfinden. Nun

wissen wir ja, daß ein Nordpol den nördlichen Magnetismus abstößt und den südlichen anzieht. Es wird also die natürliche Folge der Berührung sein, daß der Nordpol des Magneten die zwei verbundenen magnetischen Stoffe des Atoms, das er berührt, von einander trennt. Der südliche Magnetismus des Atoms wird vom Magneten angezogen, der nördliche wird abgestoßen. Hierdurch wird das Atom zwei Pole erhalten; der dem Magneten nahe liegende wird ein Südpol, während der vom Magneten entfernte ein Nordpol wird. Der Magnet hat also das Atom in einen kleinen Magneten verwandelt.

Nun darf man nicht vergessen, daß an diesem ersten Atom ein zweites liegt. Die Stelle des ersten Atoms, welche das zweite berührt, ist, wie wir bereits wissen, ein Nordpol; die Folge wird sein, daß dieser Nordpol im zweiten Atom den südlichen Magnetismus an sich heranzieht und den nördlichen abstößt. Hierdurch wird auch das zweite Atom ein kleiner Magnet. Das zweite Atom wirkt nun in gleicher Weise auf das dritte, und dieses auf seinen Nachbar, und dies geht so fort, bis die Reihe an das letzte Atom kommt, in welchem ebenfalls das eine Ende, das seinen Nachbar hat, ein Südpol wird, während das letzte Ende der Nadel ein Nordpol bleibt.

Der Magnet zieht also nicht das Eisen, sondern nur den Magnetismus an, der in jedem Eisen-Atom vorhanden ist. Der Pol eines Magneten besitzt den getrennten Magnetismus an seiner Fläche. Dieser getrennte Magnetismus hat das Bestreben, sich mit dem andern zu vereinigen und zieht deshalb aus einem Atom Eisen, das es berührt, den entgegengesetzten Magnetismus an, während er den gleichen abstößt. Er macht also aus dem Eisen, das er berührt, einen neuen Magneten.

Daher vermag man mit einer Nähnadel, die an einem Magneten hängt, eine zweite Nähnadel aufzuheben; denn die Nähnadel selber ist ein Magnet geworden und verwandelt die zweite Nähnadel wieder in einen solchen.

Weil nun eine Magnetnadel nichts ist als eine Reihe magnetischer Atome, daher kommt es, daß man einen Magneten zerbrechen kann und dann in jedem Stück einen kleinen Magneten besitzt. Ein wenig Nachdenken reicht aus, auch alle übrigen rätselhaften Erscheinungen auf diese Weise zu erklären und deshalb hat man lange Zeit diese Hypothese als die richtige angenommen.

Jetzt, wo man den Magnetismus nicht mehr als besonderen Stoff betrachtet, ist man zu einer anderen Anschauungsweise gekommen, die wir kurz auseinandersetzen wollen!

Wenn man ein sogenanntes Solenoid, einen spiralförmig gewundenen Kupferdraht, frei an einem Faden aufhängt und einen elektrischen Strom hindurchschickt, so verhält sich das Solenoid ganz wie eine gewöhnliche Magnetnadel: es stellt sich stets in die Nord-Südrichtung ein, zeigt die gleiche Deklination und Inklination an wie die Magnetnadel und kann ein zweites Solenoid, das man ihm in elektrisiertem Zustande nähert, anziehen oder abstoßen, je nachdem man die gleichnamigen oder ungleichnamigen „Pole" einander nähert.

Man hat nun Grund zu der Annahme, daß jedes Atom schon im gewöhnlichen, unmagnetischen Eisen von winzig kleinen elektrischen Strömen umspielt wird, so daß es vollkommen als ein Solenoid anzusehen ist. Da nun aber infolgedessen zwischen den einzelnen zahllosen Atomen sehr komplizierte Anziehungs- und Abstoßungskräfte thätig sind, so entsteht ein wirres Durcheinander der magnetischen Kraftrichtungen, deren Resultat ist, daß die Kräfte sich gegenseitig aufheben und der Magnetismus sich nach außen hin nicht bemerkbar macht. Erst wenn eine starke elektrische oder magnetische Kraft alle Atome zwingt, sich in eine und dieselbe Richtung, die Richtung der magnetischen Kraft einzustellen, können sichtbare magnetische Kräfte auftreten, und zwar, wie eine einfache Überlegung zeigt, wieder nur an den Polen des Magneten. Nun wird aber weiches Eisen sehr

leicht und schnell magnetisch, während man für die Magnetisierung von gehärtetem Eisen eine größere Menge von Zeit und Geduld verwenden muß. Dafür verliert das weiche Eisen aber seinen Magnetismus auch wieder, sobald die Kraft, die ihn ihm verlieh, zu wirken aufhört; Stahl dagegen behält seinen Magnetismus, wenn er ihn erst einmal erlangt hat, dauernd. Woher kommt das?

Bei ungefähr gleicher Zusammensetzung aus Eisen mit etwas Kohle wird Eisen, welches geglüht worden ist, und das man langsam hat abkühlen lassen, weiches Eisen, während geglühtes Eisen, das man plötzlich im Wasser abkühlt oder ablöscht, hartes Eisen wird. Beim Glühen des Eisens werden nämlich durch die ausdehnende Wirkung der Wärme die Atome des Eisens von einander entfernt. Wird nun das Eisen langsam abgekühlt, so daß man weiches Eisen erhält, so können die Atome sich gemächlich wieder in ihre frühere Lage begeben; es sind relativ große Zwischenräume zwischen den Atomen, und diese können daher bei magnetischen Einwirkungen leicht und bequem sich in die Richtung der magnetischen Kraft einstellen; ebenso leicht können sie diese nachher wieder verlassen, wenn die magnetische Kraft zu wirken aufhört und infolgedessen wieder nur zwischen den Magnetpolen der Atome abstoßende und anziehende Kräfte zu spielen beginnen, welche die Atome wieder in die frühere, bequemere Lage zurückkehren heißen. Wird aber das geglühte Eisen plötzlich abgelöscht, so finden die Atome nicht Zeit, sich in die frühere Lage einzustellen, sie müssen sich mit derjenigen begnügen, welche sie gerade einnehmen und etwas gedrängter beisammen sein. Infolgedessen können sie sich bei magnetischen Einwirkungen nicht so leicht bewegen; haben sie sich aber erst einmal alle in die Richtung der magnetischen Kraft eingestellt, so hindern sie sich gegenseitig an der Bewegung und haben daher keine Möglichkeit,

wieder in ihre alte Einstellung zurückzukehren: der Stahl bleibt magnetisch.

XXIX. Wie auf alle Dinge magnetisch eingewirkt werden kann.

Bereits seit langen Zeiten wußte man, daß nicht Eisen allein von einem Magneten angezogen wird, sondern daß er auch auf andere Metalle, besonders auf Nickel und Kobalt, wirkt, wenn auch in weit geringerem Maße. Seitdem aber der Gelehrte Faraday (1791—1867) Versuche mit außerordentlich starken Magneten anzustellen anfing, gewann man eine ganz neue Anschauung von dieser Sache.

Faraday entdeckte, daß auf alle Metalle, alle Stoffe, alle Flüssigkeiten, ja sogar Luftarten durch einen Magneten in irgend einer Weise eingewirkt werden kann.

Wird irgend ein Körper so zwischen die beiden Pole eines sehr kräftigen Hufeisenmagneten aufgehängt, daß er jede beliebige Stellung einnehmen kann, so wird er von den Polen entweder angezogen oder abgestoßen. Im ersteren Falle stellt er sich so, daß seine längste Seite die beiden Pole mit einander verbindet, er nimmt eine „axiale" Stellung ein. Wird aber der Körper vom Magneten abgestoßen, so stellt er sich in die Quere zwischen die beiden Pole, er nimmt eine „äquatoriale" Stellung ein.

Ein Teil der Körper nun, die Faraday untersuchte, wie Titan, Platin, Asbest, Flußspat, Mennige, Zinkvitriol, Zinnober, Tusche, Graphit, Holzkohle, Papier, Schellack, Siegellack, Gutta-Percha, und noch andere stellen sich wie das Eisen, Nickel und Kobalt von Pol zu Pol, sie sind also magnetisch.

Eine große Reihe anderer Körper wieder, wie Zink, Zinn,

Natrium, Quecksilber, Silber, Blei, Kupfer, Gold, ferner Jod, Phosphor, Schwefel, Weinsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Olivenöl, Terpentinöl, Gummi-Elastikum, Wachs, Stärke, Zucker, Holz, Elfenbein u. s. w. werden von den Polen abgestoßen, stellen sich äquatorial und werden diamagnetische Körper genannt. Reines Wasser gehört auch zu den Körpern, die von beiden Polen abgestoßen werden und ist also diamagnetisch. Bringt man daher zwischen die beiden Pole eines starken Hufeisenmagneten ein wenig Wasser in einem Uhrglase, so hört das Wasser auf, eine kreisrunde Fläche im Uhrglase zu bilden; es senkt sich vielmehr an den Seiten, wo es den Polen des Magneten nahe ist und erhebt sich in der Mitte zu einem länglichen, zwischen den Polen stehenden Wasserberge.

In sehr sinnreicher Weise gelang es auch Becquerel, eine Methode ausfindig zu machen, wie man Luftarten einer gleichen Untersuchung unterwerfen kann. Er entdeckte, daß von den bekannten Luftarten nur der Sauerstoff von den Polen eines Magneten angezogen wird, während die andern, wie Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Leuchtgas, Quecksilberdampf und Wasserdampf von denselben abgestoßen werden. Der Sauerstoff gehört somit zu den magnetischen Körpern, während die übrigen Luftarten diamagnetisch sind.

Erst im Jahre 1851 gelang es Faraday, der magnetischen Natur des Sauerstoffs noch näher auf die Spur zu kommen und er fand, daß dieses Gas allein von allen übrigen Gasen sich wirklich wie Eisen zum Magneten verhalte, und sogar in Nord- und Südpol sich teile, so daß er den kühnen Ausspruch that, den ein Humboldt nicht verschmähte in seinen „Kosmos“ aufzunehmen, daß die Erde, die von Sauerstoff umgeben ist, „gleichsam wie mit einer Hülle von dünnem Eisenblech überzogen ist, die vom Erdball ihren Magnetismus erhält.“

Die interessante Untersuchung des Sauerstoffs und seines

Magnetismus ist freilich noch nicht so weit gediehen, um weitere Schlüsse daraus ziehen zu können; eine von Plücker angestellte Berechnung aber ergiebt, daß der Magnetismus des Sauerstoffs etwa an dreitausendmal schwächer ist als der des Eisens, das heißt: um einem Gramm Sauerstoff eine gewisse magnetische Kraft zu verleihen, ist ein so starker Magnet nötig, wie dazu gehört, um ein Stück Eisen von dreitausend Gramm, also 3 Kilogramm, zu magnetisieren.

Wie dem auch sein mag, so steht soviel fest, daß der Magnetismus nicht im Eisen allein herrscht, sondern die ganze Natur durchdringt und in einigen Körpern sich blos durch Abstoßung, in andern durch Anziehung, in einzelnen durch Bildung von Polen, durch Polarität äußert.

Auf ähnliche Gedanken war man bereits früher gekommen, als man durch die Beobachtung dahin gelangte, den ganzen Erdball als einen Magneten anzusehen, und darum müssen wir die merkwürdige Erscheinung des Erdmagnetismus hier vorzuführen versuchen.

Wir haben es bereits erwähnt, daß eine Magnetnadel, wenn sie in der Mitte an einem Faden aufgehängt wird, mit dem einen Pol nach Norden, mit dem andern nach Süden zeigt; wir wissen es auch, daß der in der Schiffahrt so wichtige Kompaß hierauf beruht.

Woher aber, fragt es sich, rührt diese eigentümliche Erscheinung?

Ein sehr einfacher, leicht anzustellender Versuch giebt über diese Frage einen vollen Aufschluß.

Wenn man eine größere Magnetnadel auf den Tisch hinlegt und eine kleine Magnetnadel, die wie ein Kompaß auf einer messingenen Nadelspitze sich hin und her drehen kann, zur Hand nimmt, so kann man sich die Einwirkung des großen Magneten auf den kleinen sehr leicht vor Augen führen.

Man halte den kleinen Magneten, den Kompaß, über die

eine Hälfte des großen, ruhenden Magneten und man wird wahrnehmen, daß sich die kleine Nadel, welche Richtung man ihr auch geben mag, so lange hin und her bewegen wird, bis sie genau in derselben Richtung steht, wie der große, ruhende Magnet. Hält man jetzt die kleine Magnetnadel über die andere Hälfte der großen Magnetnadel, so wird ein Gleiches stattfinden, und wie man auch die kleine Magnetnadel drehen mag, sie wird immer in die eine Lage zurückkehren, wo sie zum Pol des großen Magneten hinweist.

Untersucht man nun die Pole des großen und des kleinen Magneten, so wird man finden, daß auch hier der Südpol des großen Magneten den Nordpol des kleinen so nahe als möglich zu sich herangezogen, und daß der Nordpol des großen Magneten auf den Südpol des kleinen eine gleiche Anziehung ausgeübt hat.

Da diese Erscheinung vollkommen erklärlich ist aus dem bereits erwähnten Verhalten der Pole zweier Magnete zu einander, so werden wenige Versuche genügen, um es sich deutlich zu machen, weshalb die Erde jeder Magnetnadel eine so entschiedene Richtung giebt, und man wird es begreiflich finden, daß die unausgesetzten Versuche zu dem Gedanken führten, daß die Erde selbst ein großer Magnet ist, oder mindestens wie ein großer Magnet wirkt.

XXX. Die magnetische Kraft der Erde.

In der That, alle Beobachtungen leiten darauf hin, daß der Erdball selber nicht nur ein Magnet ist, sondern daß in demselben der Sitz der magnetischen Kraft sei, welche im magnetisierten Eisen so bestimmt und unzweifelhaft auftritt, und die sich, wie wir bereits wissen, mindestens teilweise in allen Körpern äußert.

Freilich hat man ehedem etwas Derartiges nicht annehmen mögen. Es schien Vielen weit einleuchtender, zu glauben, daß im Innern der Erde ein großer Magnet, ein wirklicher, eiserner Magnet oder ein mächtiger Magnetstein liegt, welcher der Magnetnadel ihre Richtung giebt. Seitdem man jedoch genauere Beobachtungen angestellt und gefunden hat, daß die Magnetnadel nicht unveränderlich nach einer und derselben Himmelsgegend zeigt, sondern fortschreitenden Schwankungen unterworfen ist, daß es Momente giebt, wo rätselhafte Lichtströme, die man Polarlichter (Nordlichter) nennt, emporleuchten aus der Gegend, wohin die Magnetnadel zeigt, und daß in solchem Augenblicke alle Magnetnadeln auf dem ganzen Erdenrund bedeutend abweichen und ins Schwanken geraten: als man ferner wahrgenommen hatte, daß immerwährend ohne Unterlaß alle Magnete kleinen Schwankungen unterworfen sind, die fast regelmäßig mit den Stunden des Tages wechseln, da mußte man zugeben, daß dies nicht von einem festliegenden in der Erde vergrabenen, großen Magneten herrühren könne; es fand vielmehr der Gedanke Eingang, daß der Magnetismus eine Eigenschaft des Körpers selber ist, und daß diese Eigenschaft mit zu dem Wesen und dem Leben desselben ebenso gut gehöre, wie die große Eigenschaft der Elektrizität, die mit dem Magnetismus so innig verwandt ist.

Mit jedem neuen Schritt vorwärts in der Naturwissenschaft hat sich diese Ansicht immer mehr und mehr bestätigt, und gegenwärtig ist niemand mehr im Zweifel, daß eine richtige Anschauung von den vielen Geheimnissen der Natur nicht wird erforscht werden können, so lange nicht das Geheimnis des Erdmagnetismus enthüllt wird.

Wir dürfen mit Stolz sagen, daß es der weltweise Alexander von Humboldt (1769—1859) war, der auch dieser Forschung den Weg zur Wissenschaft geebnet hat, und daß es sein Verdienst ist, daß über den ganzen Erdball hin

Stationen der Beobachtung errichtet sind, um zuvörderst die Gesetze dieses Geheimnisses der Natur abzulauschen. Friedrich Gauß (1777—1855) war es, dessen scharfsinnige mathematische Forschungen die ersten Grundsteine zur Erkenntnis dieser geheimen Naturkräfte gelegt haben.

Wir können unmöglich in kurzen Umrissen das Gebiet dieses Zweiges der Naturwissenschaft hier vorführen. Wir wollen uns mit einem leichten Blick auf denselben begnügen, der es unserm Leser deutlich macht, wie das, was wir wie eine Spielerei mit der magnetischen Stricknadel begonnen, tiefe Wurzeln im Weltall hat, und auf die ewigen Gesetze hinleitet, welche die Träger des Universums sind.

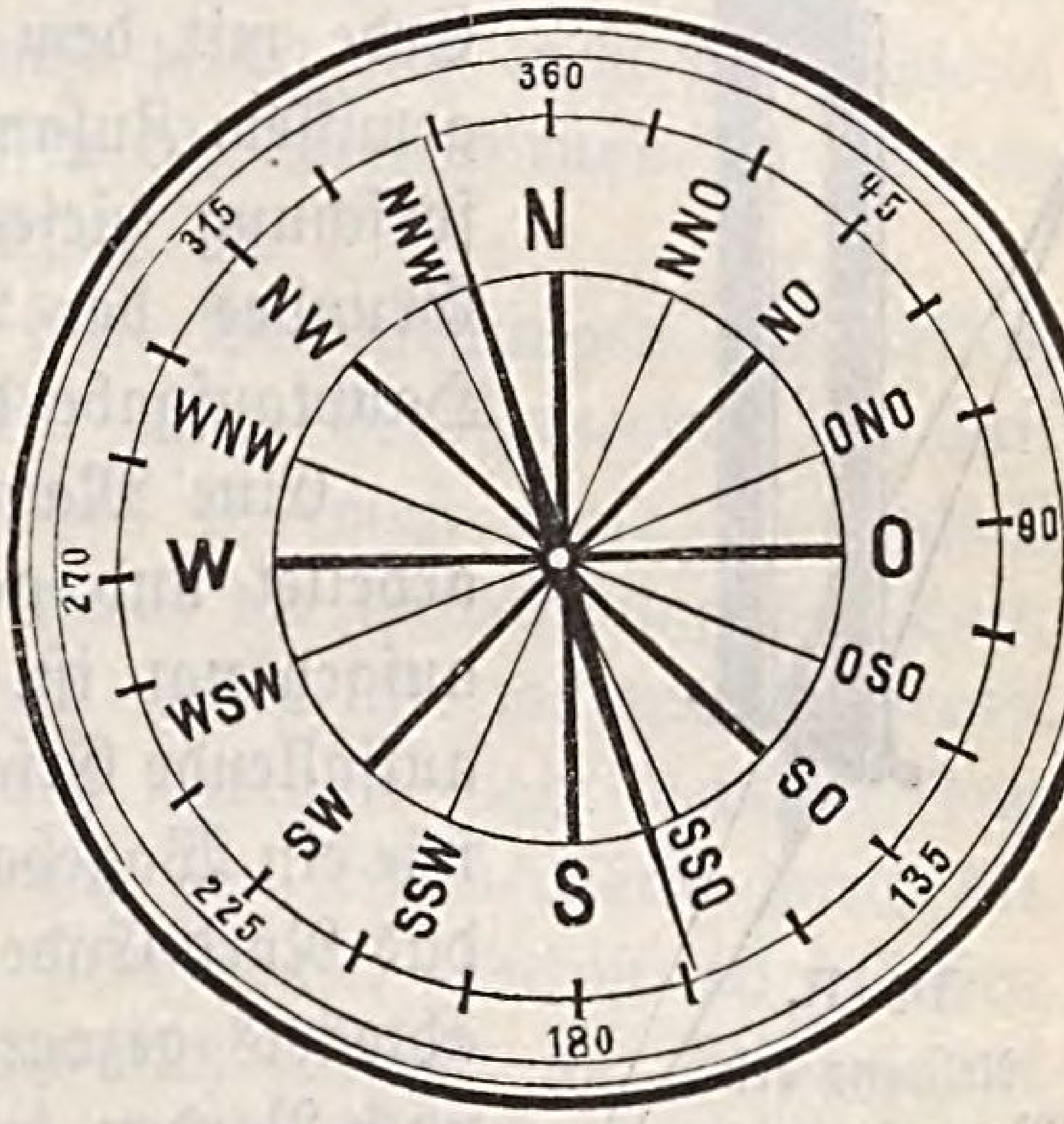


Fig. 10.
Genaue Richtung der Magnetnadel in Deutschland.

Drei Haupterscheinungen des Erdmagnetismus sind es, auf welche die Naturforscher ihr Augenmerk gerichtet haben.

Die Magnetnadel zeigt nach Norden und nach Süden hin; aber nicht direkt nach dem Nordpol und dem Südpol der Erde, sondern sie weicht auf der nördlichen Halbkugel der Erde ein wenig nach links, auf der südlichen nach rechts ab. Die magnetischen Pole der Erde sind also nicht dieselben, wie die geographischen, um welche sie sich bei ihrer Umdrehung in vierundzwanzig Stunden bewegt. Diese Abweichung der magnetischen Pole von den geographischen Polen der Erde indessen bleibt nicht immer gleich groß: sie ist vielmehr einer langsamen Wandelung unterworfen, und hat sich

seit der Zeit, daß man die Magnetnadel beobachtet hat, schon wesentlich verändert. Da aber nach A. von Humboldts Mitteilungen bereits vor dreitausend Jahren die Magnetnadel den Chinesen als Kompaß nach dem Süden diente, so geht hieraus hervor, daß die Abweichung der Magnetnadel von den Polen der Erde nicht mit der Zeit so groß wird, daß sie ganz die Himmelsgegend verläßt. Dies weist darauf hin, daß der magnetische Pol der Erde mit dem Umdrehungspol derselben in gewissem Zusammenhange stehe, und die Erforschung dieses Zusammenhanges, wie des Grundes der Veränderungen ist also eine Hauptaufgabe der Wissenschaft.

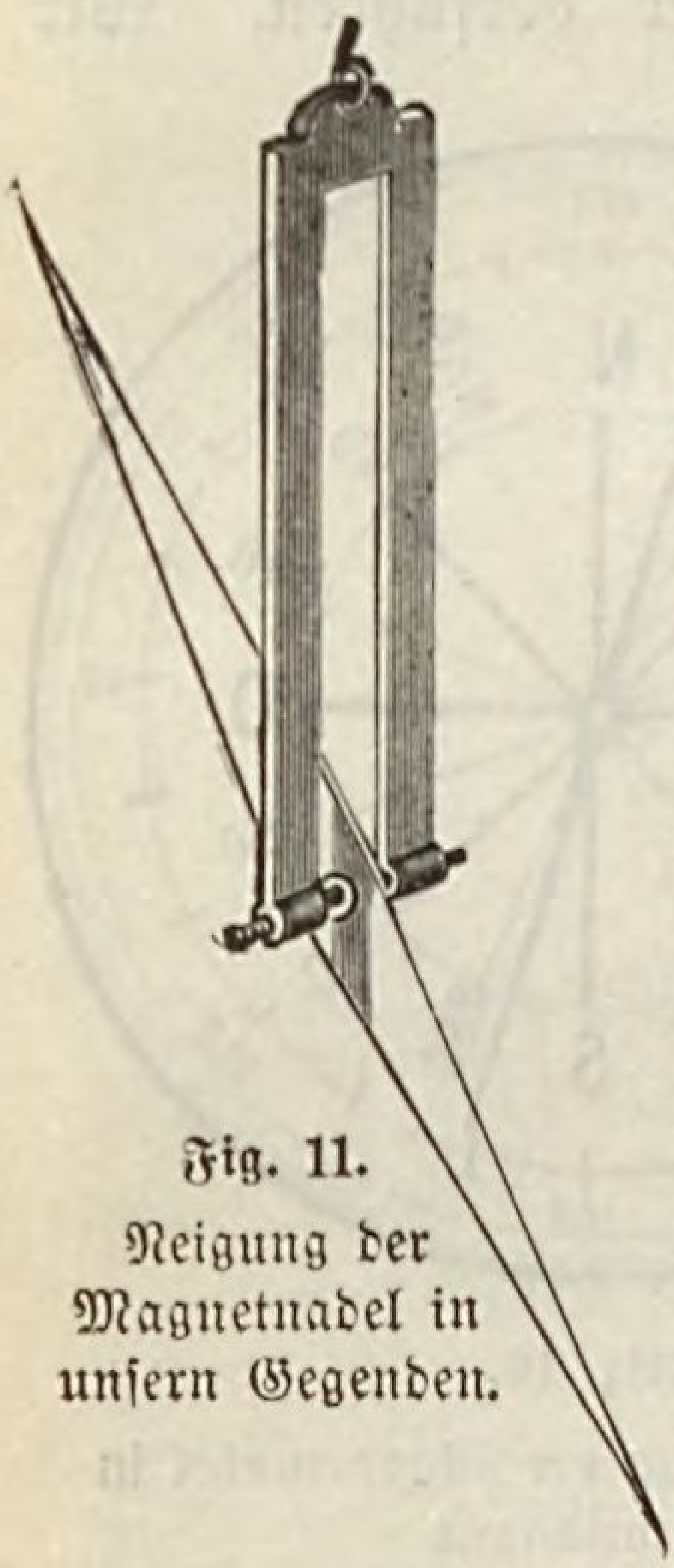


Fig. 11.
Neigung der Magnetnadel in unsern Gegenden.

Eine Magnetnadel, wenn sie genau gearbeitet und gerade in ihrem Schwerpunkt aufgehängt ist, zeigt aber noch eine andere auffallende Erscheinung. Sie stellt sich nicht wie ein Wagebalken in Gleichgewicht, sondern das Nord-Ende wird in unserer Gegend nach abwärts gezogen. Je weiter man die Nadel nach Norden trägt, desto mehr senkt sich das Nordende der Nadel, bis sie sich endlich dort, wo der magnetische Pol der Erde ist, ganz senkrecht stellt.

Anders ist es, wenn man sie nach Süden hin trägt. Je weiter man kommt, desto mehr hebt sich das bei uns gesenkte Ende, bis sie sich endlich in der Nähe des Äquators ganz wagerecht stellt. Trägt man die Nadel aber weiter nach Süden hin, so beginnt der andere Pol sich zu senken und zur Erde hinzuneigen. Je weiter man nach der südlichen Richtung schreitet, desto mehr richtet sich der Südpol der Nadel zur Erde, bis er dort am magnetischen Pol der Erde wiederum so tief sinkt, daß die Nadel eine senkrechte Stellung einnimmt.

Man nennt diese Erscheinung die Neigung (Inklination) der Magnetnadel, und man sollte glauben, daß diese sich in allen Zeiten gleichbleibe, aber auch dies ist nicht der Fall; es zeigt sich auch hier eine Veränderlichkeit, deren Gesetze man bisher noch nicht hat erforschen können.

Ein drittes Rätsel des Erdmagnetismus liegt in der Veränderlichkeit der magnetischen Kraft der Erde zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten. Genaue Beobachtungen ergeben, daß diese Kraft sich nicht gleich bleibt und Veränderungen unterworfen ist, deren Grund den Naturforschern ebenfalls noch unbekannt ist.

Ein Fingerzeig für all diese Veränderungen hat freilich Faradays Entdeckung gegeben. Wenn der Sauerstoff der Luft magnetische Eigenschaften besitzt, so muß diese Eigenschaft wesentlich verändert werden durch die Erwärmung der Luft, da die Wärme, wie wir bereits wissen, die magnetische Kraft wesentlich schwächt. Humboldt findet es wahrscheinlich, daß die Veränderung der Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonne solche Veränderungen hervorrufe. Gelöst ist indessen das Rätsel noch nicht, und schwerlich enthüllt die Wissenschaft diese geheime Naturkraft ohne Hilfe der Entdeckungen auf einem andern Gebiete der Naturgeheimnisse, ohne Hilfe der Erforschung der elektrischen Kraft, die mit dem Magnetismus im innigsten Zusammenhang steht und zu der wir uns nunmehr ebenfalls wenden wollen.

XXXI. Die Unendlichkeit und die — Elektrizität.

Von allen Entdeckungen, Erfindungen und naturwissenschaftlichen Bestrebungen der Menschheit hat keine zu so glänzenden Resultaten geführt, wie sie im Gebiet der Elektrizität errungen worden sind.

Es ist nichts Übertriebenes darin, wenn wir die Behauptung aufstellen, daß dreiviertel aller menschlichen Erfindungen zusammengenommen nicht das aufwiegen, was durch die Elektrizität allein der Menschheit bisher Nützliches und Wunderbares geleistet worden ist, und zwar im Verlaufe eines einzigen Jahrhunderts. Rechnen wir das hinzu, was voraussichtlich die nahe oder entferntere Zukunft noch durch weitere Erforschung dieses Zweiges der Wissenschaft der Menschheit bieten wird, so darf man denselben als den reichsten Zweig am Baum der menschlichen Erkenntnis ansehen.

Wenn ehedem die religiösen Sänger der Vorzeit die Allmacht Gottes preisen wollten, sagten sie, daß der Wind sein Bote, die Wolken sein Wagen, der Blitz sein Diener sei. — Fortan reicht dies zum Lobe der Unendlichkeit nicht mehr aus. Wir haben Boten, die Gedanken und Worte schneller von Ort zu Ort tragen als der Sturmwind. An den Küsten sind elektrische Telegraphen eingerichtet, welche den Schiffern die Nachrichten von allen Seiten her bringen, ob und wo ein Sturm im Anzuge ist. Diese Nachrichten, die ebenso schnell dahinfliegen als das Licht der Sonne, eilen dem Sturm weit voraus. Wenn dieser, der ehemals der Gottesbote hieß, anlangt, ist der Menschenbote, der Telegraph, längst vor ihm dagewesen, hat seine Botschaft ausgerichtet und die Schiffer auf seinen Empfang vorbereitet.

Wenn der Wolkenzug seiner Schnelligkeit halber der Wagen Gottes genannt worden ist, so verdient er fortan diesen Namen nicht mehr, seitdem die Wagenzüge auf unseren Bahnen mit der Feuersäule und Wolkensäule der Maschine voran an Schnelligkeit mit den Seglern der Lüfte wetteifern. Ein weiterer siegreicherer Wetteifer steht uns noch bevor, wenn man erst überall die elekrische Kraft benutzen wird, um die Dampfkraft zu ersetzen.

Den Blitz, den Diener Gottes von ehedem, hat die mensch-

liche Erforschung im Gebiet der Elektrizität nicht nur nachmachen gelehrt, sondern das elektrisch leitende Metall des Blitzableiters zwingt diesen ehemals gefürchteten Diener Gottes alldort unschädlich vorüberzuziehen, wo wir seiner nicht bedürfen. Der Menschengeist hat das Gesetz belauscht, dem dieser Diener gehorchen muß, und vermag ihm den Weg vorzuschreiben, den er unfehlbar wandeln muß.

Wenn das Licht der Sonne vordem das Auge der Welt genannt wurde, so ist es jetzt schon soweit durch Elektrizität gelungen, Licht darzustellen, daß vier elektrische Fammen dem Sonnenlicht an Glanz gleichstehen. Wenn es in den Sagen der alten Zeit eines Göttersohnes bedurfte, um dem Menschen das Feuer, ein Geschenk des Himmels herabzubringen, so reicht jetzt schon ein schlichtes Werkzeug, eine Elektrisiermaschine hin, die ein Kind in Bewegung setzen kann, um ein einziges, ununterbrochenes Feuersprühen aus Glas und Metallen zu erzeugen.

Und bedenkt man, daß alle diese Erfindungen und Entdeckungen erst die Frucht gar weniger Jahrzehnte sind und daß in diesem Zeitraum immer noch jedes neue Jahrzehnt das alte an großartigen Eroberungen auf dem Wege des Wissens überflügelt hat, so darf man sagen, daß wir am Vorabend großer entdeckungsreicher Zeiten stehen, mit deren Entwickelung die Menschheit mit immer größerem Erfolge ihrer würdigen Aufgabe sich nähert.

XXXII. Die Elektrizität in ihren einfachsten Erscheinungen.

So großartig die Wirkungen der Elektrizität sind, so einfach sind die Mittel, um die Erscheinungen der Elektrizität zu zeigen.

Man reibe eine Stange Siegellack leicht hin und her auf

einem Stück Tuch oder dem Ärmel eines Tuchrockes, so wird man finden, daß die Siegellackstange leichte, feine Papierschnitzelchen, Haare, Krümelchen, überhaupt leichte Gegenstände mit einer gewissen Energie anzieht und nach einer kurzen Zeit wieder von sich abstößt.

Wenn die Luft im Zimmer recht trocken ist, so erhält sich diese Eigenschaft der Siegellackstange ein paar Minuten, dann aber verliert sie sich nach und nach, bis sie endlich gar keine Anziehungskraft äußert. Aufs neue an Tuch gerieben, nimmt die Siegellackstange wiederum diese Eigenschaft an; und so kann man diesen Versuch unendliche Male beliebig wiederholen.

Man mache nunmehr den Versuch und reibe eine Glasstange, z. B. einen gewöhnlichen Lampencylinder, mit einem seidenen Taschentuch und der Cylinder wird ebenfalls diese Eigenschaft erhalten. Ja, wenn man es nur richtig anstellt, den Zylinder in der linken Hand, das recht trockene, seidene Taschentuch in der rechten, offenen Hand hält, dann den Zylinder auf das Tuch legt, die rechte Hand schließt und mit der linken den Cylinder recht schnell herauszieht, so braucht man dies nur fünf bis sechsmal zu wiederholen, um das Anziehen und Abstoßen kleiner Papierschnitzel vom Cylinder recht auffallend sehen zu können. Anziehung und Abstoßung geschehen oft mit solcher Energie, daß die feinen Schnitzelchen einen wahren Tanz aufzuführen scheinen.

Noch auffallender wird der Versuch, wenn man ihn im Dunkeln macht und den Cylinder wiederholt reibt. Man bemerkt dann eine Art Leuchten des Cylinders oder einzelner Stellen desselben, und wenn man dem eben geriebenen Cylinder den Knöchel eines Fingers nahe bringt, so sieht man einen kleinen, weißblauen Funken mit einem knisternden Geräusch aus demselben hervor- und in die Knöchel hineinspringen.

Man nennt diese merkwürdige Eigenschaft, die sich an geriebenen Körpern zeigt: Elektrizität, weil man diesen

Zustand in alten Zeiten bereits am geriebenen Bernstein beobachtet hatte, und weil Bernstein auf griechisch Elektron heißt.

Weitere Forschungen haben ergeben, daß nicht bloß Siegellack und Glas diese merkwürdigen Eigenschaften besitzen, sondern daß alle Körper in der Welt ohne Ausnahme durch Reiben elektrisch werden können; nur ist dies bei den meisten nicht auffallend genug, und bei Metallen findet eine besondere Eigentümlichkeit statt, die in gewöhnlichen Verhältnissen ihr Elektrischwerden ganz unmerklich macht.

Wir wollen nunmehr die besondere Eigentümlichkeit der Elektrizität etwas näher kennen lernen; müssen aber zu diesem Zweck noch einige Versuche anstellen.

Man schneide sich aus Kork oder noch besser aus Hollundermark ein Paar kleine Kügelchen und hänge solch ein Kügelchen irgendwo an einem trocknen Seidenfaden auf, so daß es wie ein Pendel frei hin und her schwingen kann. Bringt man einem solchen Kügelchen eine geriebene Glasstange nahe, so wird das Kügelchen heranspringen, das Glas berühren, dann aber davon eilen und das Glas zu fliehen suchen. Dasselbe Glas, das früher das Kügelchen angezogen hatte, wird jetzt dasselbe abstoßen. —

Nunmehr berühre man das Kügelchen mit dem Finger und man wird sehen, daß es nun wieder von dem geriebenen Cylinder angezogen wird, sofort aber, nachdem es denselben berührt hat, springt es davon und sucht dem Cylinder wieder zu entfliehen. Es wird von dem Cylinder abgestoßen. Erst dann, wenn man das Kügelchen wieder berührt hat, hört es auf vor dem geriebenen Cylinder die Flucht zu ergreifen; im Gegenteil es fühlt sich zu ihm hingezogen, um dann, wenn es einmal denselben berührt hat, ihn wieder zu fliehen.

Offenbar geht hier in dem Glas-Cylinder und in dem Kügelchen etwas ganz Eigentümliches und Sonderbares vor. Im Dunkeln und namentlich, wenn die Luft in der Stube

recht trocken ist, kann man von dem, was vorgeht, schon einigermaßen etwas sehen. —

Man beobachtet im Dunkeln, daß im Moment, wo das Kügelchen den geriebenen Cylinder berührt, ein feiner Funken in dasselbe hineinspringt. Mit diesem Fünkchen geht eine Summe von Elektrizität in das Kügelchen über. Nun aber sollte man glauben, daß die Elektrizität im Cylinder und die im Kügelchen, die doch beide ganz gleicher Natur sind, sich erst recht leicht anziehen müßten: aber das ist gerade nicht der Fall. Im Gegenteil, die gleichartige Elektrizität in beiden bewirkt eine Abstoßung, wie wir ja auch oben gesehen haben, daß gleichartige magnetische Pole sich gegenseitig abstoßen. — Berührt man aber das Kügelchen, so nimmt man ihm die Elektrizität, und nun kann es wieder von dem Cylinder angezogen werden, um wieder, wenn es von demselben Elektrizität empfangen hat, abgestoßen zu werden.

Indem wir im nächsten Abschnitt zeigen wollen, wie es sich mit dem Kügelchen verhält, wenn es einer geriebenen Siegellackstange nahe gebracht wird, wollen wir uns für jetzt mit dem Resultat begnügen, daß erstens eine geriebene Glasstange das Kügelchen elektrisch macht, und zweitens, daß diese ganz gleichartige Elektrizität sich gegenseitig abstößt.

XXXIII. Weitere elektrische Versuche.

Ganz denselben Versuch, den man mit dem Kügelchen und dem geriebenen Glas-Cylinder gemacht hat, ganz denselben kann man mit dem Kügelchen und der geriebenen Siegellackstange machen; nur muß man den Siegellack nicht mit Seide, sondern mit wollenem Zeug reiben.

Bringt man dem Kügelchen eine geriebene Siegellackstange nahe, so wird es gleichfalls angezogen, und unter günstigen

Umständen bemerkt man gleichfalls in das Kügelchen einen kleinen Funken überspringen, der andeutet, daß die Siegellackstange dem Kügelchen etwas Elektrizität abgegeben hat. Aber sobald das geschehen ist, wird das Kügelchen nicht mehr angezogen, sondern es sucht der genäherten Siegellackstange auszuweichen, es wird von derselben abgestoßen.

Da nun die Elektrizität der Siegellackstange und des Kügelchens gleicher Natur sind, so gewinnt man aus diesen Versuchen die Überzeugung, daß die gleichartige Elektrizität sich nicht anzieht, sondern abstößt.

Ganz anders aber ist es, wenn man den Versuch folgendermaßen anstellt.

Man bringe einem Kügelchen, das an einem Seidenfaden hängt, eine geriebene Glasstange nahe und es wird zuerst angezogen und sodann abgestoßen werden. Nun bringe man dem vom Glas abgestoßenen Kügelchen eine geriebene Siegellackstange nahe und man wird zu seinem Erstaunen sehen, daß es von dieser nicht abgestoßen, sondern im Gegenteil sehr heftig angezogen wird.

Macht man es umgekehrt, das heißt, berührt man das Kügelchen zuerst mit der geriebenen Siegellackstange, so wird es angezogen und dann von der Siegellackstange abgestoßen. Aber wenn man jetzt einen geriebenen Glas-Cylinder in die Nähe bringt, so wird es von diesem äußerst kräftig angezogen.

Man mache nun den Versuch, dem Kügelchen gleichzeitig beide elektrisierten Körper von zwei verschiedenen Seiten zu nähern, und man wird bemerken, daß das Kügelchen vom Glas angezogen und abgestoßen, dann vom Siegellack gleichfalls angezogen und abgestoßen wird, sodann zieht wieder das Glas das Kügelchen an und stößt es ab; nun macht es die Siegellackstange ebenso, und man hat das Schauspiel, daß das Kügelchen eine Zeit lang wie ein Pendel hin und her zwischen

Glas und Siegellack springt, bis sich die Elektrizität aus beiden verloren hat.

Die Elektrizität in dem Glascylinder muß also eine andre sein, als diejenige in der Siegellackstange. Wir sind also genötigt, zwei verschiedene Arten von Elektrizität anzunehmen.

Da man nun aber das innerste Wesen, die Natur der zwei verschiedenen Elektrizitäten nicht weiter kennt, so hat man zum Unterschiede derselben die eine die Glas-Elektrizität oder die positive Elektrizität und die andere die Harz-Elektrizität oder die negative Elektrizität genannt. —

Wir wollen fortan diese Bezeichnung beibehalten und die zwei Arten Elektrizitäten die positive und die negative nennen, wobei wir immer unter positiver Elektrizität die verstehen, welche das mit Seide geriebene Glas annimmt, während wir unter negativer Elektrizität diejenige meinen, welche mit Tuch oder Pelz geriebener Siegellack zeigt. —

Sollte es aber nicht noch eine dritte Art von Elektrizität geben?

Man hat alle möglichen Dinge in der Welt versucht durch Reiben oder durch andere Operationen elektrisch zu machen, und dies gelingt vollständig. Aber bei all den Versuchen hat man immer nur entweder die eine oder die andere Elektrizität hervorzurufen vermocht, niemals fand man irgend welche Spur einer dritten Art Elektrizität.

Die zahlreichsten Beobachtungen haben nun von dem Verhalten beider Elektrizitäten Folgendes ergeben:

Wenn zwei Körper mit gleicher Elektrizität erfüllt sind, so stoßen sie sich ab. Die positive stößt die positive, die negative stößt die negative Elektrizität ab. Wenn jedoch ein Körper mit positiver, der andere mit negativer Elektrizität versehen ist, so ziehen sie sich an.

XXXIV. Die Verschiedenheit der elektrischen und magnetischen Erscheinungen.

Ein Jeder, der die Beobachtung macht, wie ein Körper, auf welchem positive Elektrizität haftet, einen andern mit gleicher Elektrizität abstößt, wie ferner auch die negative Elektrizität die negative in gleicher Weise abstößt, wie dagegen sich positive und negative Elektrizität gegenseitig anziehen; — ein Jeder, der dies beobachtet, der wird die Ähnlichkeit, die zwischen diesem Zustand und dem des Magnetismus obwaltet, auffallend finden.

Beide sind zwiefacher Natur; im Magnetismus nennen wir sie Nord- und Süd-Magnetismus, in der Elektrizität bezeichnen wir sie durch positive und negative Elektrizität. Am Magneten stößt der Nordpol den Nordpol ab, wie der Südpol den Südpol, während der Nordpol des einen Magneten und der Südpol des andern Magneten sich gegenseitig anziehen; in der Elektrizität ist es ebenso. Gleichnamige Elektrizitäten stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Es liegt hiernach sehr nahe, beide Kräfte der Natur als eine einzige zu betrachten, die nur durch eigene Umstände anders erscheinen, ohne im Wesen anders zu sein.

Gleichwohl jedoch ergiebt eine nähere Betrachtung einen ungeheueren Unterschied.

Wenn man mit einem Magneten einen zweiten Stahlstab magnetisch macht, so geht vom ersten Magneten hierbei nichts verloren. Er bleibt magnetisch wie er gewesen. Er hat von seinem Magnetismus nichts abgegeben. Der neue Magnet hat nicht einen Teil vom alten in sich aufgenommen. Der Magnetismus haftet fest in dem Magnet und entfernt sich nicht daraus und vermindert sich nicht, selbst wenn man unendliche Massen von Eisen damit magnetisch macht.

Ganz anders aber ist es mit der Elektrizität. Aus dem geriebenen Glasstab, der geriebenen Siegellackstange sieht man schon etwas überspringen in den Körper, womit man ihnen naht. Ein Funke bricht sich die Bahn durch die Luft, die noch beide Gegenstände trennt und das Hollundermark-Kügelchen, das den Funken in sich aufgenommen, hat Elektrizität empfangen und eine gewisse Summe aus dem Glasstab oder der Siegellackstange herausgezogen. — In der That ist die geriebene Glasstange, der geriebene Siegellack gerade um den einen Teil der Elektrizität, den er abgegeben hatte, schwächer geworden. Ja man kann ihnen die ganze Elektrizität nehmen, wenn man auch nur einmal mit der feuchten Hand über das Glas oder den Siegellack wischt. Die Elektrizität geht hierbei in die Hand über und hat sich von dem Glase und dem Siegellack fast ganz und gar fortbegeben.

Dies allein weist schon auf ein ganz anderes Wesen der Elektrizität hin, als das des Magnetismus. Bemerkt man aber gar, wie die Elektrizität mit einer Energie überspringt von dem einen Körper zum andern, wie ein bloßer geriebener Lampen-Cylinder einen Teil seiner Elektrizität, bevor noch der Knöchel eines Fingers ihm nahe kommt, einen knisternden Funken aussendet, der oft einen Zoll Raum überspringt, um in den Finger zu fahren, so entnimmt man schon hieraus, daß die Elektrizität, wenn sie an einem Körper erzeugt ist, nur darauf lauert, sich von ihm zu entfernen und sich auch sofort entfernt, wenn sie einen Körper findet, der sie aufnimmt.

Wir wollen nun einmal diese sonderbare Eigenschaft der Elektrizität etwas näher betrachten, denn aus dieser entspringen höchst wunderbare Eigenschaften und die merkwürdigsten Erscheinungen, die überhaupt im Reich der Natur uns entgegentreten.

Gewiß wird sich jeder die Frage vorlegen: wenn wirklich die Elekrizität so begierig ist, sich von dem Körper, auf welchem

sie durch Reiben erzeugt worden ist, zu entfernen, weshalb entfernt sie sich nicht in die Luft, die den Cylinder umgiebt? oder weshalb geht sie nicht direkt in die Hand über, mit welcher man den Cylinder hält?

Die Antwort hierauf ist vollkommen klar, wenn sie auch für den ersten Augenblick etwas sonderbar erscheint.

Durch unzählige Versuche bestätigt es sich, daß es gewisse Körper giebt, welche die Elektrizität, die sie in sich aufnehmen, mit ungeheurer Geschwindigkeit weiter fort führen. Andere Körper wieder sind nicht imstande dies zu thun, sondern die Elektrizität, die auf ihnen erzeugt wird oder die sie aufnehmen, bleibt an der Stelle sitzen, wo sie einmal vorhanden ist. Man nennt die Körper, welche die Elektrizität schnell fortführen, „Leiter" der Elektrizität, denn sie leiten die Elektrizität, die sie erhalten, schnell ab; diejenigen Körper, welche diese Eigenschaft nicht besitzen, nennt man mit dem wissenschaftlichen Namen „Isolatoren", weil sie die Elektrizität absperren, isolieren und nicht weiter wandern lassen.

Die trockene Luft ist ein schlechter Leiter. Wenn man daher einen Glas-Cylinder durch Reiben elektrisch macht, so wird zwar die dünne Luftschicht, die auf dem Cylinder ist, auch elektrisch, allein diese Luftschicht leitet die Elektrizität nicht fort und der Cylinder behält seine Elektrizität. Ist man aber in einem Zimmer, wo die Luft feucht ist, so gelingen alle bisher angeführten Versuche nicht. Der Cylinder wird zwar elektrisch, aber die feuchte Luft nimmt die Elektrizität in sich auf und verteilt sie nach allen Richtungen, so daß von derselben keine Spur bleibt.

Zu den besten Isolatoren gehört Glas, daher geht die Elektrizität von der geriebenen Stelle des Cylinders nicht in die Hand über, denn der Teil des Glases, den man in der Hand hält, läßt die Elektrizität nicht durch zur Hand. Der menschliche Körper ist ein guter Leiter, namentlich wenn die

Haut ein wenig feucht ist; der allerbeste Leiter aber ist Metall, und darum wendet man Metalldrähte zu Telegraphen an, weil sie die Fähigkeit, die Elektrizität fortzuleiten, in einem außerordentlich hohen Grad besitzen, wie wir dies sofort an einigen Beispielen näher zeigen werden.

XXXV. Über die Leitung der Elektrizität.

Es läßt sich durch Versuche nachweisen, daß man Metall ebenfalls elektrisch machen kann, und wir werden dies auch sofort näher angeben; nur muß man hierbei anders verfahren, als bei andern Stoffen, welche die erregte Elektrizität nicht fortzuleiten imstande sind.

Eine Glasstange kann man an einem Ende in der Hand halten, während man das andere Ende elektrisch macht; eine Metallstange dagegen würde zwar elektrisch werden, aber in demselben Augenblick würde sie die ganze elektrische Kraft verlieren. Sie würde die Elektrizität der Hand, mit der sie gehalten wird, mitteilen, die Hand aber ist wie der ganze menschliche Körper ein guter Leiter und so würde die Elektrizität bis an die Füße dringen, die auf dem Fußboden stehen. Dieser würde die Elektrizität weiter leiten, bis die Erde, die große Erde, die Elektrizität aufnimmt, wodurch sie vollständig für uns verloren geht.

Wir haben gesehen, daß ein Hollundermark-Kügelchen eine ganze Zeit hindurch seine Elektrizität behält, aber es behält sie nur, wenn es an einem trocknen Seidenfaden hängt, da ein solcher die Elektrizität nicht ableitet. Man mache den Seidenfaden aber ein wenig feucht oder nehme statt desselben einen Zwirnsfaden und man wird sehen, daß das Kügelchen zwar Elektrizität in sich aufnimmt und angezogen, aber nicht abgestoßen wird. Denn es vermag die Elektrizität nicht bei

sich zu behalten, weil der feuchte Seidenfaden oder der Zwirnsfaden die Elektrizität fortleitet.

Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß man Metall recht gut elektrisch machen kann; nur darf man es hierbei nicht in der Hand halten, sondern muß es an einem Seidenfaden aufhängen oder besser noch an einem Glasstab befestigen oder mit Harz oder Gutta-Percha überziehen.

Die Drähte, durch welche telegraphische Nachrichten von Ort zu Ort mit unendlicher Schnelligkeit verbreitet werden, die an Stangen befestigt frei in der Luft schweben, sind von Eisen;

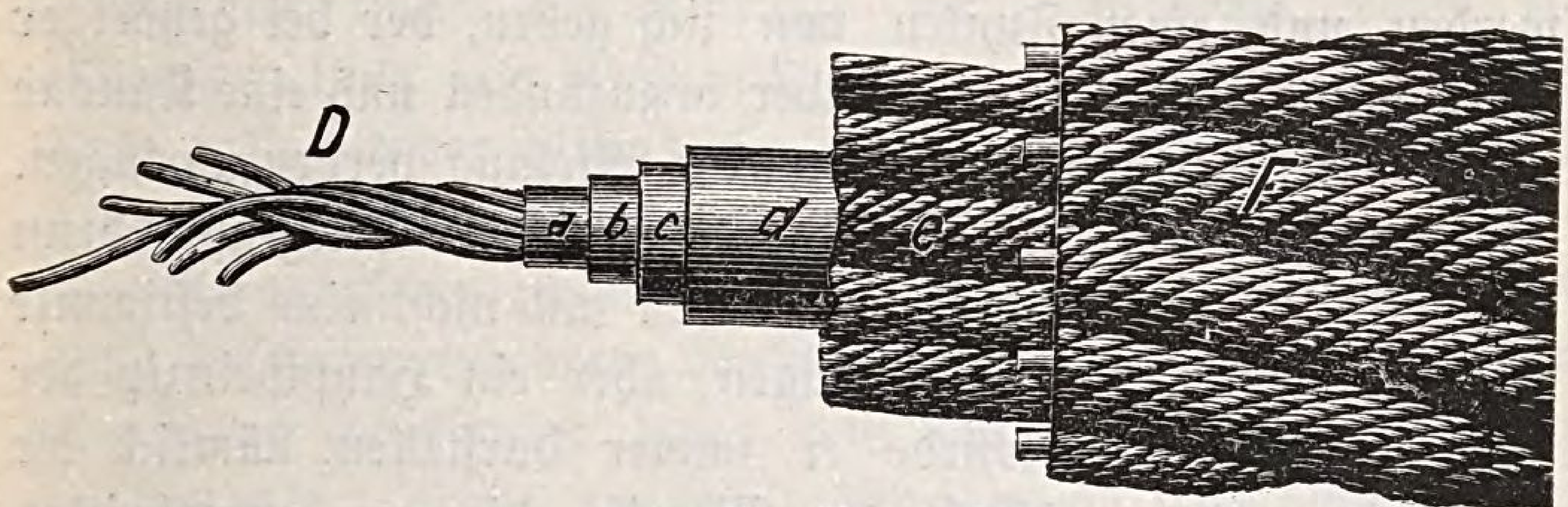


Fig. 12.
Ende eines Telegraphenkabels.

sie werden jedoch nicht direkt an die Stangen befestigt, weil die Elektrizität dann sofort in die Stangen übergehen und zur Erde geleitet werden würde. Man bringt vielmehr an den Stangen Porzellan-Köpfe an, die die Elektrizität nicht leiten und welche man Isolierköpfe nennt. — Die Leitungen, welche man unter der Erde legt, sind in der Regel aus Kupfer, die man aber mit Gutta-Percha überzieht, damit sie auf dem weiten Wege nichts von der Elektrizität, die man ihnen beibringt, verlieren. Von diesem Ueberzug wird die Elektrizität des Drahtes eingeschlossen, isoliert, und ist der Ueberzug gut, so kann der Draht viele, viele Meilen lang sein, er wird die an einem Ende in ihm erregte Elektrizität augenblicklich auch am andern

Ende äußern und dort die Zeichen geben, welche man von ihm als Nachricht verlangt.

Gesetzt man hätte einen Draht, der gut isoliert, das heißt, der von einem nicht leitenden Ueberzug eingeschlossen ist, von London bis Berlin gelegt, so brauchte man nur an jedem Ende eine kleine Messingkugel an den Draht anzulöten und könnte verabreden, daß man in London gerade in dem Moment, wo dort irgend ein erwartetes wichtiges Ereignis eintritt, einen elektrischen Funken in die Kugel wird einschlagen lassen; und wenn der Funke nur stark genug ist, so wird unfehlbar in demselben Augenblick auch die Kugel in Berlin elektrisch werden und einen Funken von sich geben, der bei gehöriger Vorrichtung imstande ist, Pulver anzuzünden und eine Kanone abzufeuern oder sonst irgend welche Wirkung hervorzubringen.

Freilich wäre dies ein ganz unbehilflicher Telegraph, denn er könnte nur ein verabredetes Zeichen und nicht eine bestimmte Nachricht von Ort zu Ort tragen; aber ein Hauptprinzip der jetzigen Telegraphie würde er immer darstellen, nämlich die wunderbare Leitungskraft der Metalle, die es hervorbringt, daß ein an einem Ende elektrisch gemachter Draht sofort seine Elektrizität durch die ganze Länge verteilt und in demselben Moment auch sein anderes Ende elektrisch macht, selbst wenn dies Ende viele Tausende von Meilen entfernt ist.

Gewiß ist dies etwas Unglaubliches. Ohne Zweifel würden die weisesten Menschen diese Thatsache ableugnen, wenn nicht der Augenschein sie tausendfältig bestätigen möchte. Es ist einmal so, und jeder Mensch kann sich durch die Telegraphie überzeugen, daß es so ist, daß nämlich ein elektrisch gemachter Draht auf viele, viele Meilen hin in einem Augenblick elektrisch wird bis zum andern Ende. Man spricht von einer Fähigkeit der Metalle, die Elektrizität zu *leiten*, obgleich es streng genommen nicht gerade eine Leitung, sondern eine Verteilung der Elektrizität durch die ganze Länge ist.

XXXVI. Der elektrische Funke und der Blitz.

Die Entdeckung, daß die Metalle eine so starke Kraft besitzen, die Elektrizität zu leiten, führte zu der herrlichen und nützlichen Erfindung des Blitzableiters. Franklin (1706—1790), ein Bürger Nordamerikas, der sich als Staatsmann, Philosoph, Naturforscher und populärer Schriftsteller unsterbliche Verdienste erworben hat, Franklin war es, der auf den großen Gedanken kam, daß der Blitz, der aus den Wolken hervorbricht und zündend und vernichtend seinen Weg zur Erde sucht, am Ende nichts anderes sein mag wie der elektrische Funke, der aus geriebenem Glase hervorspringt, nur daß dieser Funke mit schwachem Licht und leichtem Knistern sich Bahn bricht durch die Luft, während der Blitz, dieser große elektrische Funke, mit blendendem Licht und donnernder Stimme seine Bahn durchzuckt. —

Veranlassung zu diesem herrlichen Gedanken hatten schon viele Gelehrten und deren Versuche gegeben. Statt der einfachen geriebenen Glasstange hatte man schon begonnen Maschinen zu bauen, wo große, runde Glasscheiben an dazu eingerichteten Kissen gerieben wurden (Otto von Guericke 1663); weitere Vervollkommnung hatte zu den vortrefflichen Vorrichtungen geführt, die gegenwärtig noch die Hauptbestandteile der Elektrisiermaschine ausmachen. Durch geeignete Instrumente lernte man die schwache Elektrizität ansammeln in einer Metallkugel, aus der man bedeutende Funken hervorspringen lassen konnte. Ja man verstand es schon Funken hervorzurufen aus der Elektrisiermaschine und den dazu gehörigen Instrumenten, die stark genug waren, Tiere zu töten. Die Aehnlichkeit solcher Funken mit dem Blitz lag also nahe genug, so daß Viele von Franklins Zeitgenossen die Wolken als große Elektrisiermaschinen, den Blitz als elektrischen Funken erklärten. Allein dieser große Denker war es, der sich nicht mit der Erklärung des Blitzes begnügte, sondern den Mut hatte, zu versuchen, ob er den Blitz ebenso

regieren und zwingen könne, wie man den elektrischen Funken regieren und zwingen kann, einen bestimmten Weg zu wandeln.

Was ursprünglich für eine Spielerei betrachtet wurde, das Hervorlocken eines Funkens aus geriebenem Glase, war freilich



Fig. 13.
Erfindung des Blitzableiters.

schon zu einem kleinen Bilde einer der erhabensten und furchtbarsten Naturerscheinungen geworden; aber der weise Franklin, der weitere Folgen daran knüpfte, verschmähte es nicht, wieder zu einem Kinderspiel zu greifen, und machte seine ersten Versuche

den Blitz abzuleiten mit dem Papierdrachen seines Sohnes, den er hoch hinauf in die Luft steigen ließ, in dessen Schnur er aber einen feinen Metallfaden einwebte mit dem Wunsche, daß dieser Metallfaden einen Blitz vom Himmel herablocken möge (Juni 1752).

Nach wenigen Wiederholungen gelang sein Versuch vollkommen und trotz der Gefahr, die er mit sich führte, und die später einem anderen ausgezeichneten Naturforscher das Leben kostete, lief alles so glücklich ab, daß Franklin die Genugthuung hatte, die Blitzableiter als sichere Schutzmittel gegen Gewitterschläge an den vorzüglichsten Gebäuden prangen und selbst an Kirchen angebracht zu sehen, obgleich die frommen Diener Gottes von den Kanzeln gegen die Frechheit der Menschen donnerten, welche sich anmaßten, dem Zorne Gottes und seinem Blitze in den Arm zu fallen.

Der Blitz ist, wie die weiteren Forschungen ergeben haben, ein Erzeugnis der Elektrizität, die in der Luft auf eine noch nicht genügend erklärte Weise entsteht.

Der Blitzableiter ist der Draht, der bei gewitterschwerer Luft die Elektrizität fortwährend aus der Luft über dem Gebäude auffängt und sie in die Erde führt, wohin der Blitzableiter verläuft. Ein Blitzableiter ist daher, wenn er tief genug in die Erde hineinleitet, ein vorzügliches Schutzmittel für hohe Gebäude und Türme, die dem elektrischen Schlage des Blitzes am meisten ausgesetzt sind. Auch deckt er so ziemlich die kleineren Gebäude, die in der Nähe liegen. Nur wenn der Blitzableiter zerbrochen oder verrostet ist, so daß er nicht über die beschädigte Stelle hinaus den Blitz leiten kann, oder wenn er vielleicht gar nicht einmal bis in die Erde hineingeführt worden ist, ist er nicht nur unnütz, sondern sogar gefährlich, da alsdann ein in ihn einschlagender Blitz notwendigerweise auf das Gebäude überspringen muß.

Von der vortrefflichen Leitungsfähigkeit der Metalle hatte ein junger Offizier der französischen Armee im Anfang dieses

Jahrhunderts die beste Gelegenheit, sich zu überzeugen. Derselbe eilte durch die Straßen von Mainz, um einem Gewitter zu entgehen und steckte sein schweres goldenes Uhrgehänge in die Hosentasche, um es nicht zu verlieren. Doch seine Flucht war vergeblich, ein Blitzstrahl schlug ihn nieder. Nach Hause getragen, erwachte er wieder und völlig unbeschädigt. Bei genauer Untersuchung zeigte sich, daß der Blitz durch das Metall seiner Kopfbedeckung in die Uhrkette, die er um den Hals hatte, sich den Weg gebahnt; von hier floß der Blitz durch die Uhrgehänge bis in die Hosentasche und lief von da an dem Metallstreifen seiner Hose bis an die Stiefel und durch den Sporen bis in die Erde. — Der Metallschmuck war freilich teils zerrissen, teils zerschmolzen; aber der Offizier war gerettet und mag wohl fortan den Glauben an die Leitungsfähigkeit der Metalle nicht mehr verloren haben, da der Beweis für ihn wirklich sehr schlagend gewesen ist.

XXXVII. Die Leitung, Ansammlung und Ladung der Elektrizität.

Das Wunderbare, daß man die Elektrizität imstande ist zu leiten, sie von einem Körper zum anderen überfließen zu lassen, wird noch durch die Thatsache erhöht, daß man die Elektrizität anzusammeln imstande ist, und in so starkem Maße anzusammeln, daß sie eine furchtbare Wirkung hervorbringt, wenn man diese gesammelte Elektrizität mit einem Male freiläßt.

Mit Recht nennt man diese Ansammlung von Elektrizität eine Ladung und spricht von Entladung derselben, als ob von einem geladenen Geschütz die Rede wäre, das abgeschossen wird.

Die Elektrisiermaschinen sind zu diesem Zweck eingerichtet, und man kann mit denselben ebenso interessante wie lehrreiche Versuche im großen anstellen.

So eigentlich ist schon ein gewöhnlicher Lampen-Cylinder, der mit einem seidenen Taschentuch gerieben wird, eine Art kleiner Elektrisiermaschine; die wirklichen Elektrisiermaschinen sind nur vorteilhafter gebaut und haben einen besonderen Apparat, der der Ansammler der Elektrizität ist.

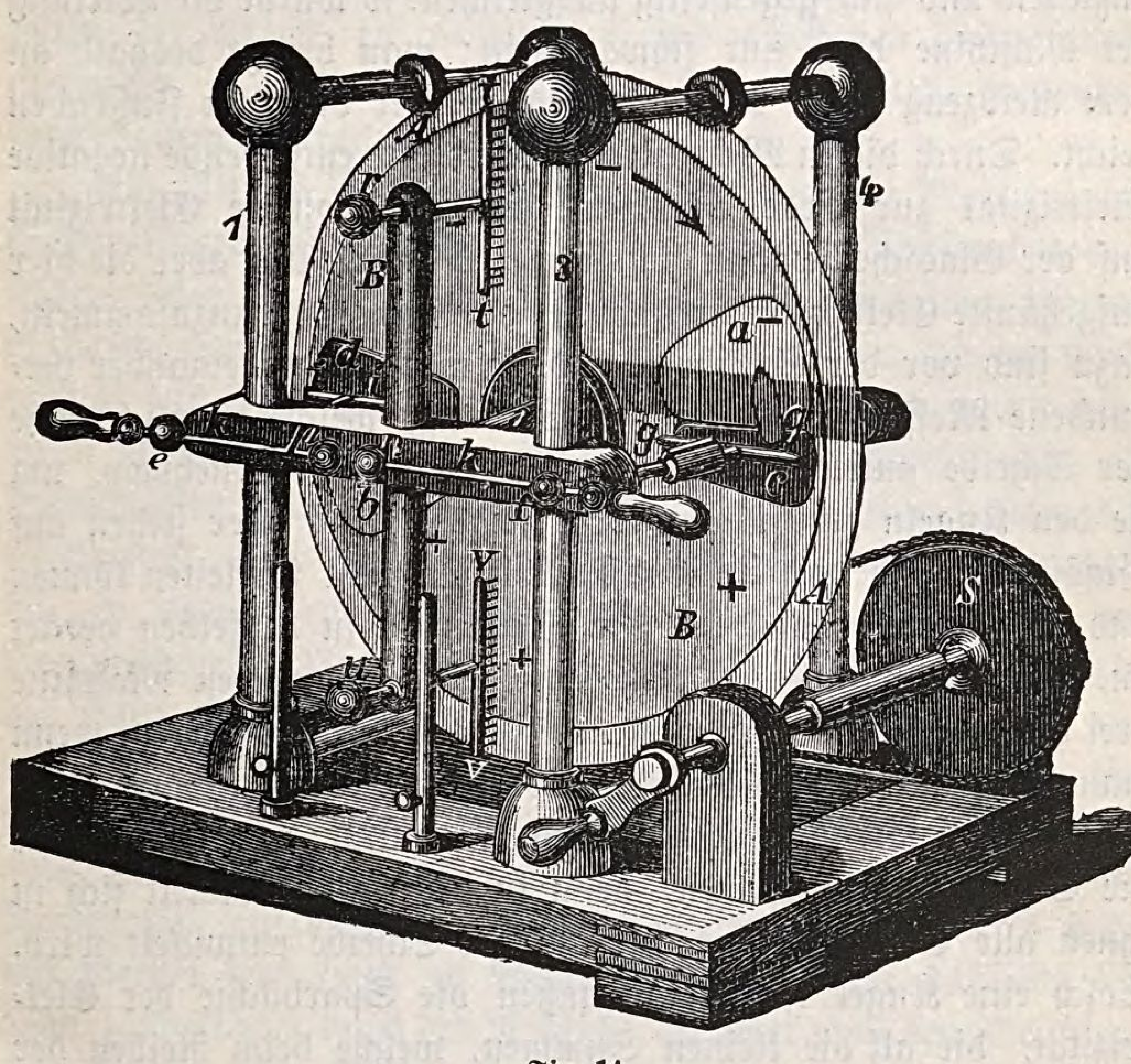


Fig. 14.

Die gewöhnliche Elektrisiermaschine, die „Holtzsche Influenzmaschine" (Fig. 14), besteht aus einer runden Glasscheibe, die wie ein Schleifstein durch eine Kurbel gedreht werden kann. An die Scheibe liegen ein paar Kissen an, die einen mäßigen Druck auf sie ausüben und an welchen die Scheibe sich reibt, wenn sie gedreht wird. Dieses Reibzeug ist

vorteilhafter eingerichtet als eines von Seide und wirkt daher besser, so daß man beim dauernden Drehen der Scheibe elektrische Flammen auf dem Glase sieht. Beim Reiben entsteht auf dem Reibzeug negative Elektrizität und auf der Scheibe positive Elektrizität. Da sich aber diese beiden Elektrizitäten anziehen und sich gegenseitig ausgleichen, so würde die Wirkung der Maschine doch nur schwach sein; man bringt deshalb an dem Reibzeug einen Metallstreifen an, der bis zum Fußboden reicht. Durch diesen Metallstreifen wird alle entstehende negative Elektrizität zur Erde abgeleitet, und die positive Elektrizität auf der Glasscheibe kann sich stärker häufen. Um aber die hier aufgehäufte Elektrizität noch stärker an einem Orte anzusammeln, dazu sind vor der Scheibe eine oder mehrere mit einander verbundene Messingstäbchen in Verbindung, welche ziemlich nahe der Scheibe anliegen und ihr alle Elektrizität abnehmen, um sie den Kugeln zuzuführen. Die Kugeln selbst aber stehen auf Glasstangen, so daß sie ihre Elektrizität nicht fortleiten können und so sammelt sich denn die Elektrizität in denselben derart an, daß schon aus den Kugeln einer gewöhnlichen Maschine drei bis vier Zoll lange leuchtende Funken herausspringen, wenn man ihnen mit dem Knöchel eines Fingers nahe kommt.

Man nennt diese Kugeln den Konduktor; wir wollen sie die Sammelkugeln nennen, denn in der That sammelt sich in ihnen alle Elektrizität an, die auf der Scheibe entwickelt wird. Solch eine Kugel ist gewissermaßen die Sparbüchse der Elektrizität, die all die kleinen Summen, welche beim Reiben der Scheibe frei werden, in sich aufnimmt und anhäuft. Aber es ist eine sehr unpraktische Sparbüchse, denn wenn man sie nur berührt, giebt sie in einem Augenblick all ihre Ersparnisse von sich; sie entladet sich wie mit einem Schuß. Wir werden später sehen, daß dies bei der galvanischen Elektrizität nicht der Fall ist und deshalb ist auch die Entwickelung und Wirkung dieser Art Elektrizität von der höchsten praktischen Bedeutung geworden.

Wer jemals Gelegenheit hat eine Elektrisiermaschine zu sehen und ihre Thätigkeit zu beobachten, der unterlasse es ja nicht seine Aufmerksamkeit auch auf alle die kleinen sogenannten Spielereien, die man damit treiben kann, zu richten; denn das was Vielen wie eine Spielerei vorkommt, ist oft der Schlüssel zu wichtigen Naturereignissen und Naturgeheimnissen und ist nicht selten die Pforte zu großartigen und erhabenen Erfindungen geworden. — Vor allem aber versäume man nicht folgenden interessanten Versuch anzustellen.

Ein Mensch, der während des Drehens der Maschine die Sammelkugel anfaßt, spürt nicht die mindeste Wirksamkeit derselben, denn die Elektrizität wird durch den menschlichen Körper hindurchgeleitet und geht in den Fußboden über, der die Elektrizität zur Erde führt. Ganz anders aber ist es, wenn man einen Menschen auf eine große Gutta-Percha-Platte oder ein Fußbänkchen stellt, welches Glasfüße hat. Hierdurch kann die Elektrizität nicht in den Fußboden abfließen und sie sammelt sich in dem Körper des Menschen ganz so an wie in der Sammelkugel. Vor allem empfindet der Mensch ein Grieseln der Haut, das davon herrührt, daß alle feinen Härchen mit positiver Elektrizität geladen sind und nun sich gegenseitig abstoßen, so daß sie sich alle wie Borsten aufrichten. Bald fängt auch das Kopfhaar und Barthaar an sich zu sträuben und borstenartig aufzurichten. Im vollen Sinne des Wortes stellt sich hierbei das Haar zu Berge, und je länger dasselbe ist, desto sonderbarer wird der Anblick. Berührt man den Menschen so springt an der Stelle, wo man ihm mit der Hand naht, ein heller, knisternder Funke heraus, so daß man ihm Feuer aus der Nase, aus den Fingern, aus jedem Teil des Leibes ziehen kann. Faßt man ihn an, so hören alle Erscheinungen auf, und er hat von all dem keine weitere Empfindung. Hinzufügen wollen wir nur, daß der Versuch ohne schädliche Wirkung ist, denn die positive Elektrizität, die sich in ihm aufsammelt, häuft

sich nur auf der Oberfläche des Körpers an, so daß die inneren Organe ganz unbeteiligt dabei bleiben. Deshalb glauben wir aber auch nicht an eine heilsame medizinische Wirkung dieses Versuches, obgleich Elektrizitätsnarren dergleichen behaupten.

XXXVIII. Wie man die Elektrizität fesseln kann.

Wir haben nun gesehen, daß es etwas ganz Eigentümliches mit der Elektrizität ist. Man kann sie hervorrufen, wegleiten, ansammeln und von Ort zu Ort transportieren, als ob man es mit etwas Sichtbarem, Faßbaren zu thun hätte! — Und doch ist es nichts Faßbares, ja auch nicht einmal etwas Wägbares! Eine Kugel, in welcher man Elektrizität angehäuft hat, ist durchaus nicht schwerer, als sie ohne Elektrizität wäre! Ja, diese Elektrizität ist ein so eigentümlicher Stoff, daß er, wie man zu sagen pflegt, garnicht alle wird. Man kann aus einem Glas-Cylinder, aus einer Glasscheibe, aus einer Harzstange unendliche Zeiten immerfort Elektrizität ziehen, ohne daß sie irgendwie mit der Zeit abnimmt.

Es unterliegt wohl gar keinem Zweifel, daß man hier ein Naturgeheimnis vor sich hat, und da die Elektrizität eine unübersehbar große Rolle in der Welt spielt, so ist dies Geheimnis eben ein ungeheuer großes. Gleichwohl ist man demselben durch Forschungen schon näher gerückt und hat man auch nicht das Wesen der Elektrizität aufgespürt, so hat man doch wesentliche Eigenschaften derselben entdeckt.

Um den Aufschluß, der bereits gewonnen ist, unsern Lesern deutlicher zu machen, müssen wir noch eines erwähnen, und das besteht darin, daß man die Elektrizität nicht nur *ansammeln*, sondern durch eigentümliche Vorrichtungen an einer bestimmten Stelle so anhäufen kann, daß sie der heftigsten Wirkungen fähig ist.

Die Messingkugel an einer Elektrisiermaschine haben wir die Sammelkugel genannt und wir wissen, daß man aus ihr

große Funken zu ziehen imstande ist. Durch folgende, sehr einfache Vorrichtung ist man in der Lage, die in der Kugel gesammelte Elektrizität auf einem kleinen Raum anzuhäufen und sie dort gewissermaßen zu binden.

Man nimmt eine gewöhnliche, dünne, viereckige Glasscheibe und klebt auf beide Seiten ein Blatt Stanniol, so daß ein etwa fingerbreiter Rand der Glastafel frei bleibt. — Hält man nun die Glastafel mit dem einen Stanniolblatt an die Sammelkugel der Elektrisiermaschine, so wird sie zwar elektrisch, aber eben nicht besonders stark; ganz anders aber ist es, wenn man dabei zugleich das Stanniolblatt der andern Seite mit dem Finger berührt. Thut man dies, so häuft sich auf beiden Seiten der Glastafel und zwar auf dem Stanniol eine große Masse von Elektrizität an. Das Wunderbare und Eigentümliche dieser Anhäufung ist folgendes. Wir wissen, daß man die Sammelkugel der Elektrisiermaschine nur mit der Hand zu berühren braucht, um ihr alle Elektrizität zu benehmen. Die Elektrizität fließt in solchem Falle durch den Körper des Menschen in den Erdboden hinein. Anders aber ist es mit der gehäuften Elektrizität auf dem Stanniolblatt der Glastafel. Man kann jede einzelne Seite des Stanniols mit der Hand berühren, ja man kann einen Draht, der zum Erdboden führt, damit verbinden, ohne daß die Elektrizität vom Stanniolblatt weicht, sie ist wie gefesselt auf dem Blatte und man sagt auch wissenschaftlich, daß diese Elektrizität gebunden ist. Trotzdem aber daß sie gebunden ist und sich nicht rücken und rühren will, braucht man nur gleichzeitig einen Finger an das Stanniolblatt der andern Seite zu legen, um sofort einen glänzenden Funken zu sehen, einen heftigen Knall zu hören und einen tüchtigen Schmerz in den Fingern zu empfinden.

Ganz nach demselben Prinzip, wie diese Tafel eingerichtet ist, stellt man die wirksamere Leidener Flasche (Fig. 15) her, die aus einem Glasgefäß besteht, das innen und außen mit

Stanniol belegt ist, wobei ein breiter Rand frei bleibt, der mit Lack überzogen wird. Aus der inneren „Belegung" ragt eine kleine Messingstange mit einer kleinen Kugel an der Spitze hervor. Hält man diese Kugel an die Sammelkugel der Elektrisiermaschine, so häuft sich sowohl auf der äußeren wie auf der inneren Belegung des Glases sehr stark die Elektrizität an, und berührt man mit der einen Hand die äußere Belegung und mit der andern die Kugel der Flasche, so erhält man unter Funken und Knall einen so heftigen Stoß, daß der Schmerz unerträglich, sogar die Erschütterung gefährlich werden kann.



Fig. 15.

Ja ein ganzer Kreis von Menschen, die einander die Hände reichen, fühlt den Schlag, wenn der erste aus dem Kreise die Flasche in die Hand nimmt und der letzte des Kreises die Kugel berührt. Mehrere solche Flaschen, in geeigneter Weise verbunden, sind imstande einen solchen Schlag zu versetzen, daß man einen Ochsen damit augenblicklich töten kann.

Woher nun diese sonderbare Erscheinung? Woher diese sonderbare Anhäufung? Woher dieses rätselhafte Gebundensein der Elektrizität, die nicht entweicht, wenn man nur eine Seite der Tafel oder der Flasche berührt, während sie sich aus der Sammelkugel der Elektrisiermaschine sofort verliert? Woher die so heftige Wirkung, wenn man beide Seiten zugleich anfaßt?

Man sollte glauben, daß dies nur das Rätselhafte der Elektrizität vermehrt; allein dem ist nicht so. Gerade diese Erscheinungen sind der Hauptschlüssel zur Erklärung vieler anderer Rätsel, so daß man hierdurch imstande ist, einen leichten Blick hinter den Schleier des Naturgeheimnisses zu thun. Wir wollen es nun versuchen, diese Auflösung des Rätsels unsern Lesern deutlich zu machen.

XXXIX. Eine Erklärung über Ladung und Entladung der Elektrizität.

Die Stanniolblätter auf beiden Seiten der Tafel sind stark elektrisch; aber sie besitzen nicht eine und dieselbe Elektrizität. Das Stanniolblatt, das man an die Sammelkugel der Elektrisiermaschine anlegt, ist positiv elektrisch, während das Stanniolblatt der andern Seite, das man mit dem Finger berührt hat, mit negativer Elektrizität angefüllt ist.

Es fragt sich nun: woher kommt das? Wodurch ist das Stanniolblatt, das nicht die Elektrisiermaschine berührt hat, elektrisch geworden? Und weshalb hat es gerade eine andere Elektrizität als die Sammelkugel selber? Was hat der Finger, der dies Blatt berührt, für eine Rolle gespielt? Überhaupt, was ist bei diesem Versuch in dem Stanniol vorgegangen?

Die Antwort hierauf ist folgende.

Wir wissen, daß die eine Art Elektrizität die gleiche Elektrizität abstößt, während sie die ungleiche Elektrizität anzieht. Die positive Elektrizität stößt die positive ab, die negative Elektrizität stößt aber ebenso die negative ab; dafür aber ziehen positive und negative Elektrizität sich gegenseitig an. Würde man zwei Metallkugeln, die auf einem gläsernen Tisch liegen, gleichzeitig beide mit positiver oder negativer Elektrizität füllen, so würden sie einander fliehen, würde man die eine mit positiver, die andere mit negativer Elektrizität füllen, so würden sie, wenn sie nicht zu weit von einander entfernt liegen, sich anziehen und zu einander rollen.

Betrachtet man die Glastafel mit den Stanniolblättern, wie sie beschaffen ist, ehe man mit ihr den Versuch anstellt, so findet sich, daß beide Stanniolblätter keine elektrischen Eigenschaften zeigen, und das rührt daher, weil in jedem der Stanniolblätter sowohl positive wie negative Elektrizität vorhanden ist, die sich gegenseitig ausgleicht. Legt man nun das eine

Stanniolblatt an die Sammelkugel der Elektrisiermaschine, die mit positiver Elektrizität erfüllt ist, so geht in diesem Stanniolblatt eine Trennung der verbunden gewesenen Elektrizität vor. Die negative wird angezogen, die positive wird abgestoßen, und aus der Sammelkugel strömt noch eine Portion positiver Elektrizität in das Stanniolblatt.

Nun aber wirkt das eine Stanniolblatt, das die Sammelkugel berührt, auf das zweite auf der andern Seite der Glastafel. Die Stanniolblätter sind zwar durch das Glas getrennt; aber sie sind doch nahe genug, um durch das Glas hindurch auf einander zu wirken. Die Glastafel bildet zwar eine Scheidewand, die es verhindert, daß die Elektrizität von einem Blatt zum andern überfließt, aber sie verhindert dennoch nicht, daß die Elektrizität des einen Stanniolblattes eine Anziehung auf die des anderen ausübt. Füllt sich nun das eine Stanniolblatt, das die Elektrisiermaschine berührt, mit positiver Elektrizität, so wird dadurch im Stanniolblatte der andern Seite eine Trennung der Elektrizität hervorgerufen. Die negative Elektrizität wird nach der Glasseite hingezogen, die positive nach der freien Seite abgestoßen, weil sie die positive Elektrizität des andern Stanniolblattes fliehen muß.

Giebt man ihr nun keine Gelegenheit zu entfliehen, das heißt, berührt man sie nicht mit dem Finger, so bleibt der Zustand, so wie er jetzt ist. Berührt man aber das Stanniolblatt, so fließt die abgestoßene positive Elektrizität derselben in den Körper des Menschen und wird in den Erdboden abgeleitet. Dadurch bleibt in diesem Stanniolblatt nur negative Elektrizität, während im andern nur positive ist.

Da sie durch die Glastafel getrennt sind, so vermögen sie nicht zu einander zu fließen; aber beide Elektrizitäten ziehen sich doch derart durch die Glastafel hindurch an, daß sie sich binden und keine von ihnen abfließen kann, selbst wenn man sie allein mit dem Finger berührt.

Ganz anders aber ist es, wenn man beide Stanniolblätter zugleich berührt. In demselben Moment, wo die zwiefache Berührung stattfindet, gewinnen die getrennten Elektrizitäten einen Weg, sich zu vereinigen, und zwar den Weg durch den Körper des Menschen, und diese Vereinigung geschieht sehr plötzlich und mit um so heftigerem Effekt, je mehr Elektrizität auf den Stanniolblättern angehäuft ist. Daher also, von der plötzlichen starken Vereinigung, rührt der Funke, der Knall und der heftige, schmerzliche Schlag.

Durch diese Erklärung aber gewinnt man, wie wir bald sehen werden, einen Einblick in das unendlich große Gebiet der Wirksamkeit der Elektrizität, die ihre große Rolle in dem ganzen Weltall spielt.

XL. Welche Rolle die Elektrizität bei einem Gewitter spielt.

Um zu zeigen, wie der Versuch mit der belegten Glastafel geeignet ist, Aufschlüsse über großartige Naturerscheinungen zu geben, wollen wir die Vorgänge bei einem Gewitter einmal mit denen auf solcher Glastafel vergleichen. Zuvor aber müssen wir nur noch eine Thatsache anführen.

Wenn man die Stanniolblätter der Glastafel zu stark ladet, so findet es sich oft, daß die Elektrizitäten von beiden Seiten her sich derartig kräftig anziehen, daß ein Funke die Glasscheibe an irgend einer schwachen oder schadhaften Stelle durchbricht. In diesem Falle zerspringt die Glastafel unter heftigem Knall und schleudert die Splitter umher.

Bei einem Gewitter findet etwas ähnliches statt.

Durch die stürmische Bewegung zweier Luftschichten, oder durch Umstände anderer Art kommt leicht Elektrisierung einer Luftschicht zu stande, das heißt irgend eine Luftschicht nimmt positive Elektrizität an, während sich in der andern negative ansammelt.

Die Folge davon ist, daß sich die Wolken gegenseitig anziehen; und je näher sie sich kommen, desto mehr häuft sich die Elektrizität an den nächsten Stellen an. Die Luftschicht, die sie trennt, wird daher immer dünner, bis die Elektrizitäten sich in überspringenden Funken vereinigen und der leuchtende Blitz und das Rollen des Donners entsteht. In diesem Falle schlägt der Blitz nicht in die Erde ein, sondern die Entladung findet zwischen zwei Wolken statt, die durch die Anziehung sich verdichten und nun als Regen auf die Erde niederströmen. — Während des niederströmenden Regens bildet dieser eine vortreffliche Leitung zur Erde, und wenn noch getrennte Elektrizität in der Luft vorhanden ist, so gleicht sich diese oft durch langsame Ableitung in die Erde aus. Oft aber ist diese Leitung nicht genügend vorhanden und es entsteht ein Zustand, der mit dem unseres Versuches an der Glastafel die größte Ähnlichkeit hat.

Nehmen wir an, daß sich über einem Gebäude eine Wolke befindet, die mit positiver Elektrizität geladen ist, so wird sie die positive Elektrizität im Gebäude abstoßen und diese fließt in die Erde ab; dagegen wird sie aus dem Erdboden die negative Elektrizität an sich ziehen, und an der Spitze dieses Gebäudes wird diese sich anhäufen. Die Folge davon ist, daß diese Häufung immer stärker wird und sich endlich durch einen Blitzschlag ausgleicht, der in das Gebäude hineinschlägt. Freilich könnte man fragen, weshalb gleicht sich dieser Zustand nicht aus durch einen Blitzschlag, der von dem Gebäude in die Wolken hineinschlägt? Die Antwort darauf ist, daß der Schlag stets nach der Seite erfolgt, wo die stärkste Ableitung vorhanden ist, und da das Gebäude auf der Erde steht, die Wolke aber nur von Luft umgeben ist, so ist es klar, daß der Blitz den Weg nach der vortrefflich leitenden Erde sucht.

Druck von G. Bernstein in Berlin.

Bernstein, A.

Naturwissenschaftliche Volksbücher Durchgesehen und verbessert von H. Potonié und R. Hennig

Bd.: 3

1897